

国家地震局华北地球化学背景场课题组

华北地震水文 地球化学研究

SEISMO-HYDROGEOCHEMICAL RESEARCH
OF
NORTHERN CHINA

上海科学技术文献出版社

54

3

华北地震水文 地球化学研究

国家地震局华北地球
化学背景场课题组

上海科学技术文献出版社

华北地震水文地球化学研究

国家地震局华北地球化学背景场课题组

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号)

全国新华书店经销

上海科技文献出版社昆山联营厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张15.25 字数 374,000

1990年8月第1版 1990年8月第1次印刷

印数: 1—800

ISBN 7-80513-610-0/Z·235

定 价: 9.80 元

《科技新书目》219-249

内 容 介 绍

本书总结了华北地区地震水文地球化学多年的研究成果,系统地研究了该地区地震地质、水文地质和水文地球化学特征,详细讨论了地下水中稳定同位素、常量组分、微量元素、放射性元素和溶解气体的分布特征及它们与地震地质、水文地质、水文地球化学和地震活动的关系。书中既有丰富的地震水文地球化学方面的内容,又有国内外新的研究成果和开拓性、探索性的思路,可供地震预报、水文地质、地球化学、石油化探、环境化学、地下水资源勘探等专业的科技人员和大专院校有关专业的师生参考。

SEISMO-HYDROGEOCHEMICAL RESEARCH
OF
NORTHERN CHINA

Research Group of Northern
China Geochemical Background
of State Seismological Bureau

Shanghai Scientific and Technological
Literature Publishing House

BRIEF INTRODUCTION

This book embrace seismogeochemical reserach results of Northern China, systematically study the seismology, hydrogeology, hydrochemical characters; detailed discussion of the distribution of stable isotopes, major elements, trace elements, radioactive elements, soluable gases in underground water and their relation with seismogeology, hydrogeology, hydrochemistry, earthquakes.

This book also contain ample seismohydrochemistry and new research results and tapping ideas. This book is of great practical significance and of valuable reference to the workers who devote themselves to the monitoring and predicting earthquakes, and to the studying hydrogeochemistry and investigating petroleum, environmental chemistry and geochemical surveying of subsurface water source.

鸣 谢

本书的出版得到了国家地震
局地震科学联合基金会的资助，
在此深表感谢。

国家地震局华北地球
化学背景场课题组

一九八九年八月二十四日

前 言

“华北地区水文地球化学背景场与地震关系的研究”是国家地震局1985年5月下达的一项重大课题。嗣后,由国家地震局地质研究所牵头,天津市地震局、河北省地震局、国家地震局分析预报中心、山东省地震局等单位参加,组成了有60余名科技人员参加的课题组。为了统一技术思路,明确技术要求,协调各单位的任务与关系,加强课题的组织领导,成立了课题领导小组:

组长: 蒋凤亮

成员: 李一兵、王永才、张炜、李桂如、王铁城

技术顾问: 刘若新

三年多以来,在国家地震局科技监测司的领导下,在各参加单位领导的支持下,课题组全体同志发扬了艰苦奋斗、团结协作的精神,行程10余万公里、取样5000多个,进行了29项分析测试,取得10多万个数据,编绘了“华北地震水文地球化学”图一幅、图集一册、系列图15幅、研究报告一套,基础资料汇编一本,比较好地完成了任务。

1988年由国家地震局科技监测司主持在北京召开了课题评审验收会。参加评审验收的专家组由中国科学院地质研究所、地质矿产部、天津市城建学院、国家地震局以及新疆地震局、辽宁地震局、陕西地震局、江苏地震局等单位的专家组成。评审委员会认为,该成果内容丰富,研究思路清晰,资料齐全,研究报告文字通顺,认为该成果在国内处于领先地位,并达到国际先进水平。

本书在华北地区地震水文地球化学背景场总论和华北地区水文地球化学背景场与地震关系各专题研究的基础上编写而成。为编好《华北地震水文地球化学研究》一书,使之能尽快充实、提高并及早面世,成立了本书编辑委员会:

主编: 蒋凤亮

编委: 李一兵、王永才、李桂如、张炜、王铁城、李宣珞

特约编辑: 马兰

全书共分11章,分别由下列同志完成:

第一章: 蔡文伯、李桂如、唐仲兴

第二章: 李一兵、张伯骅、王永才、陈淑海、王基华、罗光伟

第三章: 李桂如、张培仁、王基华、张仲禄、孙宝元、陶京玲

第四章: 王永才、唐仲兴、陈淑海、谭先锋、张根深、胡玉台、马枚丽、
王志敏

第五章：王亮、邓禹仁、王小鸿、胡玉台、金晓薇、张根深

第六章：蒋凤亮、朱克文、邹昌明、岑浩

第七章：郑秀满、邹昌明、朱克文

第八章：范树全、鲍鸿儒、孙凤民、高清武、魏家珍

第九章：张炜、邢玉安、王亮、高清武、罗光伟、张希泉、胡玉台、王永才、
陈淑海

第十章：张伯骅、李一兵、张炜、王小鸿、唐仲兴、鲍鸿儒、王基华、
范树全

第十一章：蒋凤亮、李一兵、王永才、李宣瑚

参加本课题的还有：杜桂琴、邓守琴、刘寿臣、李之鑫、张秀英、王增春、
张有昌、刘洪举、王雪芳、吴桂英、杨宗杰、夏光陆、张友祥、于彩琴、张德泉、
李秀琴、孙香荣、侯彦贞等同志。他们承担了大量的分析测试任务和资料整理
工作。

陶京玲、孙国璋同志承担了图件清绘任务。

由上述可见，本书及书中反映的内容是课题组共同完成的一项集体研究
成果。

本书由国家地震局科学基金会资助出版。

本课题在资料收集过程中得到了地质矿产部水文研究所、河北省地质矿
产局、山东省地质矿产局、天津市地质矿产局及水文队、华北油田、胜利油田、
大港油田、地质矿产部天津地质矿产研究所等单位的大力支持和帮助，在此表
示衷心的感谢。

尽管全书定稿后，由编辑组进行了修改统一，但由于各章节各人分别执
笔，加之时间紧迫，个别重复之处敬请读者鉴谅。

国家地震局华北地球
化学背景场课题组

1989年10月24日

序 言

地震水文地球化学是在地震学、水文地球化学、水文地质学和地球化学等学科基础上发展起来的一门新兴学科,是研究地震孕育、发展、发生过程中地下水岩石、土壤中气体组分、化学成分等的变化与地震关系的科学。利用水文地球化学前兆预报地震从 1966 年邢台地震后至今已经历了 20 余年的发展历程,已从单一地利用水氡预报地震发展成为对地下水中常量离子、微量元素、气体成分、放射性元素和稳定同位素等数十个项目的观测研究,并已在地震的短临预报中发挥了重要作用,已引起了世界各国的高度重视。许多科学家认为,水文地球化学方法是有前途的地震预报方法之一。

在地震前兆探索中,识别正常和异常是十分重要的。只有正确应用水文地球化学组分的正常动态,才能识别其异常变化。因此,研究正常情况下地下水化学组分的变化规律具有重要的实践和理论意义。基于这一指导思想,《华北地震水文地球化学研究》一书,在占有极为丰富的观测和实验资料的基础上详细地阐述了华北地区地下水中常量离子、微量元素、气体组分、放射性元素和稳定同位素组成分布的主要规律特征,以及它们与地质构造和水文地质条件的关系,从而为地震水文地球化学前兆异常提供了可靠背景资料,对在地震监测中排除干扰,识别异常,提高地震预报水平具有重要参考价值。

不同地区地下水化学组分具有较强的区域性特征,其变化在很大程度上受观测点所处的地质构造、水文地质条件等环境因素的影响。因此,研究水文地球化学的前兆效应,必须在深入研究各地背景条件、开展多项观测的基础上,寻找各地区的特征元素和某些对地震反映灵敏的组分。本书综合研究了华北地区地震水文地球化学背景特征与水文地质、构造地质、地震活动之间的关系,进一步证实了一些监测地震的灵敏元素,为今后开拓新的监测研究项目、布设水文地球化学网点提供了科学依据。

利用地球化学方法研究活断层是近几年来在国内外刚刚起步的一项工作。书中对一些活断层的测定结果给予了理论上的解释,并指出这一方法对寻找和研究活断层,特别是隐伏活断层,是一种简便易行、较为准确有效的方法。本书还对潜在震源区的地球化学指标也进行了探索性的研究。研究结果表明,运用综合地球化学指标可为震源区划及中、长期地震预报提供相应的科学依据,也为水文地球化学方法探索地震预报开拓了新的途径。

为了推进地震水文地球化学的发展,提高地震预报水平,国内外地震科技

工作者经过多年深入、广泛的探索，发表了不少有关的论著和科研成果。但是，像本书这样从详尽的实际资料出发对特定地区的地震水文地球化学背景特征进行全面、综合、细致的论述，在国内外尚属罕见。

本书是在《华北地震水文地球化学图集》的资料基础上，从理论和实用方面进行较详细的叙述。所以它不仅具有较高的科学水平和理论意义，而且对地震预报、石油勘探、地热开发、地下水资源利用等方面也具有重要的应用价值。

高文学

1989年10月24日

PREFACE

Seismohydrogeochemistry is a branch of discipline that has been developed in recent 20 years, on the basis of seismology, hydrochemistry, hydrogeology and geochemistry. It studies the variation of chemical elements and gas compositions, and their migration in underground water, rock and soil, and their relation with earthquakes, associated with the preparation, development and occurrence of the earthquakes.

The research of the application of hydrochemistry to earthquake precursor predicting has been carried out since Xingtai earthquake in 1966. From then on, the research activity has been developed from only using water Rn to predict earthquake to observe major ions, trace elements, gases, radioactive elements and stable isotopes in subsurface water and other items. Those items have made important roles during shortperiod earthquake predicting. It has been paid attention by the investigators in this field all over the world. Many scientists think that hydrochemical means is one of the most prospective earthquake predicting ways.

During the research of precursors, it is important to distinguish normaly from anomaly.

It is possible to distinguish abnormal changes only if we have clearly understood the normal dynamic state of chemical compositions in subsurface water. It is important to study variation of chemical components in underground water under normal environments. Basing on that idea, we did large amount of research in this field, and edited the book "The research of seismo hydrogeochemistry in Northern China". There are abundant observation and experiment data in this book, it provides reliable background data for the research of seismohydrogeochemical precursor anomaly, and for removal the perturbation and distinguishing anomaly and raising predicting standard. The distributing

law and characteristics of major ions, trace elements, gases, radioactive elements, stable isotopes, and their relation with geological structure and hydrogeological conditions of Northern China are clearly elucidated in this book.

Chemical compositions of underground water have regional characters, their variations are largely affected by the geological structure, hydrogeology and other environment factors of the monitoring site. Whoever wants to study the hydrochemical precursors must deeply do the research in background conditions and look for characteristic elements and sensitive composition of different areas. We have made comprehensive research of seismohydrogeochemical background, hydrogeology, tectonic geology, earthquakes and their relationship in Northern China, and further verify some sensitive elements which can be used to monitor earthquake. These research results supply enough scientific bases for tapping new monitoring items and for distributing hydrochemical monitoring stations.

It is a new project to study active faults using geochemical methods at home and abroad. In this book, we have theoretically explained the measuring results of some active faults, and pointed out that this method is an easy and effective and more correct way to look for and research active faults, especially hidden active faults. We have made initiative research of geochemical indicators in potential earthquake focus areas and from the results we have concluded that synthetic geochemical indicators can provide scientific basis for earthquake focus area delimiting and for mid-long period earthquake predicting, and make a new way for using hydrogeochemical methods to predict earthquakes. In order to advance seismogeochemistry and raise predicting standards, the researchers all over the world have done large and extensive research, and have written many theses. We have gathered sufficient data and have made exhaustive and detailed elucidation of seismohydrogeochemical background characters of different areas in this book. This research activity is an initiative in the world.

This book is not only of high scientific standard and theoretical

significance but also of important valuable reference to the studying of earthquake prediction, surveying of petroleum, developing of geothermal sources, protecting of ecoenvironment, utilizing of subsurface water sources, and studying of analytic chemistry.

Gao Wen-xue

October 24, 1989

目 录

第一章 地震地质基本特征与地震活动性	1
第一节 隆起与拗陷	1
第二节 新构造运动	4
第三节 地震活动	6
第四节 深部构造	11
第二章 水文地质条件	13
第一节 地下水的类型及其特征	13
一、孔隙岩层地下水	13
二、裂隙岩层地下水	15
三、岩溶地下水	15
第二节 地下热水	18
一、地下热水的温度分类	18
二、地下热水中的气体和元素组成特征	19
三、地下热水的形成机理	20
第三节 第四系水文地质特征	26
一、第四系沉积特征	26
二、第四系水文地质基本特征	29
三、第四系水文地质在地震监测中的作用	33
第四节 基岩水文地质特征	34
一、地层发育及其分布	34
二、基岩地下水水文地质基本特征	41
三、基岩地下水与地震关系的研究	47
第三章 地下水氢、氧稳定同位素特征	51
第一节 氢、氧稳定同位素在水文地质学及水文地球化学中的应用	51
一、基本原理	51
二、氢、氧稳定同位素在水文地质学及水文地球化学中的应用	51
第二节 华北地区地下水氢、氧稳定同位素测定与分析结果	52
第三节 地下水氢、氧稳定同位素分布特征	55
第四节 华北重点地区地下水氢、氧同位素特征及影响因素	58
一、北京地区地下水稳定同位素特征与补给来源	58
二、天津地区地下水稳定同位素特征	60

三、冀中拗陷地下水稳定同位素特征	61
四、聊城地区地下水稳定同位素特征及补给来源	62
第五节 地下水稳定同位素组分的地震前兆机理	64
第四章 常量离子水文地球化学特征	67
第一节 常量离子水文地球化学构造分区特征	67
一、燕山-太行山隆起区	67
二、鲁中-胶东隆起区	70
三、华北平原沉降区	72
第二节 地下水常量离子的形成和演化	81
一、地下水常量离子与矿化度之间的关系	81
二、深循环基岩水主要阳离子的键参数规律	82
三、离子间相互作用对水中常量离子的影响	84
四、地下水常量离子的形成和演化	87
第三节 基岩水文地球化学特征的多元群分析结果	89
第四节 地下水常量离子变化与地震的关系	91
一、1969年7月18日渤海7.4级地震	93
二、1976年7月28日唐山7.8级地震及强余震	93
第五章 硼、氟、锂、锶水文地球化学特征	98
第一节 硼、氟、锂、锶地球化学概要	98
第二节 硼、氟、锂、锶的时、空分布规律	100
一、地下水中硼、氟、锂、锶在时间上的垂直分带性	100
二、地下水中硼、氟、锂、锶在空间上的分布特征	100
三、微量元素硼、氟、锂、锶与温度之间的相互关系	105
第三节 氟的水文地球化学特征与地震的关系	105
第六章 铀、钍、镭水文地球化学特征	108
第一节 铀、钍、镭的水文地球化学基本特征	109
一、铀的水文地球化学特征	109
二、钍的水文地球化学特征	112
三、镭的水文地球化学特征	113
第二节 铀、钍、镭与含水层岩性的关系	114
一、燕山隆起的京西北地区	115
二、太行山隆起地区	116
三、北京凹陷地区	116
四、天津地区	117
五、冀鲁断陷地区	118
六、华北平原地区	118

第三节 铀、钍、镭与断裂带的关系	119
一、郑庐断裂带	119
二、沧东断裂带	120
第四节 地下水中铀、钍、镭异常与地震预报	120
第五节 讨论	123
第七章 氡水文地球化学特征	124
第一节 氡的物理化学特征及地下水中氡的来源与富集	124
一、氡的物理化学特征	124
二、地下水中氡的来源与富集	125
第二节 地下水中氡的分布特征	126
一、常用基本概念	126
二、地下水中氡的迁移机制	127
三、影响地下水中氡气分布的主要因素	128
四、地下水中氡的分布特征	130
第三节 地下水氡的动态特征	131
一、水氡动态的主要影响因素	131
二、地下水氡的动态特征	135
第四节 华北地区地下水氡背景条件及与地震的关系	138
一、概述	138
二、地下水氡背景特征	144
三、地下水氡动态变化与地震的关系	146
第八章 气体水文地球化学特征	151
第一节 气体水文地球化学背景特征	152
一、地下水中气体组成概况	152
二、地下水中气体的分带特征	153
三、含水层岩性对地下水中溶解气体组成的影响	155
四、地形地貌及水动力条件对地下水气体组成的影响	153
第二节 重要气体组分的地球化学特征及其与地震的关系	157
一、氦(He)	158
二、氢(H_2)	161
三、二氧化碳(CO_2)	164
四、甲烷(CH_4)	166
五、硫化氢(H_2S)	166
六、气体总量	167
七、氧(O)、氩(Ar)、氮(N)	168
第三节 讨论	168