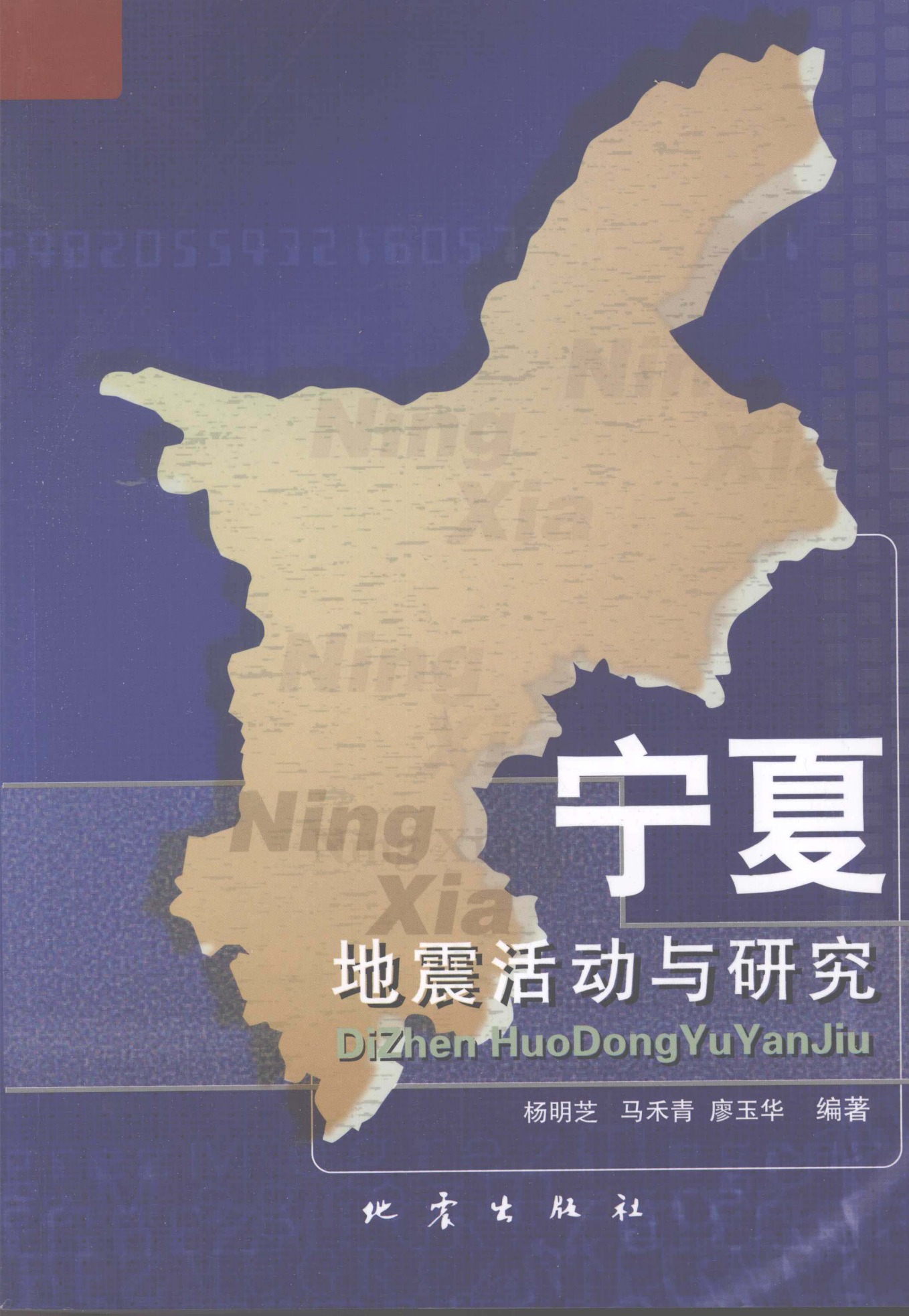




宁夏

地震活动与研究

DiZhen HuoDongYuYanJiu

杨明芝 马禾青 廖玉华 编著

地震出版社

宁夏地震活动与研究

杨明芝 马禾青 廖玉华 编著

地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

宁夏地震活动与研究/杨明芝, 马禾青, 廖玉华编著. —北京: 地震出版社, 2007. 12
ISBN 978 - 7 - 5028 - 3087 - 8

I. 宁… II. ①杨… ②马… ③廖… III. 地震活动性—研究—宁夏 IV. P315.5
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 083226 号

地震版 XT200600296

宁夏地震活动与研究

杨明芝 马禾青 廖玉华 编著

责任编辑: 姚家榴

责任校对: 王花芝

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路9号

发行部: 68423031 68467993

门市部: 68467991

总编室: 68462709 68423029

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

邮编: 100081

传真: 88421706

传真: 68467991

传真: 68467972

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大彩印厂

版(印)次: 2007年12月第1版 2007年12月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

字数: 480千字

印张: 18.75

印数: 0001~1000

书号: ISBN 978 - 7 - 5028 - 3087 - 8/P · 1326 (3814)

定价: 60.00元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

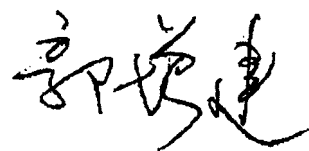
序

宁夏回族自治区位于我国强震密集的南北地震带上，是一个地震多发的省区，历史上曾发生过 1739 年平罗 8 级和 1920 年海原 8½ 级地震，还有许多 6~7 级破坏性地震，其中 1920 年海原 8½ 级大地震被称为“环球大震”，灾害震惊全球。宁夏的地质构造也很典型，北部的银川平原地区发育有一组张性兼走滑的正断层系，南部发育有以海原断裂为主的束弧型左旋走滑断层带。因此，宁夏不但是地震灾害防御的重点地区，也是进行地震科学研究的有利场所。

宁夏地区开展地震研究较早，从 1920 年海原 8½ 级地震后翁文灏等中外科学家对地震现场进行实地考察算起，至今已有 86 年的历史。特别是解放后，地震工作得到了很大发展。很多单位和中外专家先后在宁夏开展地震构造、地球物理场、地震活动等调查和研究工作。有些方面的研究，其详细程度在我国乃至全球都是比较突出的。

1958 年我偕中国科学院地球物理研究所地震预报考察队的同志对海原大地震进行了实地考察，1965 年又作为中国科学院西北地震考察队的负责人和全队同志一起在宁夏进行地震烈度考察，因之对宁夏很有感情，非常关注宁夏同志们长期的地震研究工作。本书的几位作者在宁夏从事地震研究工作几十年，今综合宁夏地震研究方面的成果，特别是对宁夏地震活动现象和规律做了更深入系统的总结和提炼。书中不但汇集了大量有关宁夏地震的基础资料，而且在分析研究方法上，密切结合宁夏震例实际，很好地体现了作者独自的研究思路和特点，是目前关于宁夏地震活动研究方面最全面、最系统的首部专著，也是作者对防震减灾事业，特别是宁夏的地震研究和防震减灾事业的贡献，是一件非常有益的善事。

地震是威胁人类安全生产和生活的最大自然灾害之一。目前地震预报仍然是个世界性的科学难题。解决这个难题需要地震科学工作者前赴后继，坚持不懈地努力，本书也反映了宁夏同志向解决这个难题方向所做的努力和取得的阶段性成果。愿宁夏的地震研究工作不断取得新的进展。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '郭建' (Guo Jian), written in a cursive style.

写于 2006 年 12 月 18 日

前 言

大地震对人类的生存和发展构成极大威胁。人们为了减轻地震灾害，不能不勇敢地面对困难，寻找防御和减轻地震灾害的有效方法。地震活动研究是认识地震活动规律、探索地震预报方法和减轻地震灾害的基础性工作，其内容包括地震活动的观测，地震活动的地质构造和力学环境、地震活动的时空强特征、强地震的预测方法、地震灾害的发生特点及预防研究等诸多方面。

几十年来，在宁夏这块土地上，地震科学工作者辛勤地耕耘，对宁夏地震活动的认识在不断深化和提高，积累了不少非常有价值的资料，为做好防震减灾工作，提高防震减灾能力，完善科学技术条件，提供了有效的服务。

我们编写这本书，目的在于：

第一，尽管做了大量宁夏地震活动的研究工作，但到目前为止，还缺乏系统和全面的整理以及对比分析研究。本书是作者多年来从事宁夏地震研究工作的进一步总结和提炼，力求较全面和系统地分析宁夏及邻近地区地震活动的基本特征、发生地震的区域构造、深部结构、区域应力条件以及地震灾害的主要特点，并在此基础上，讨论宁夏未来地震活动趋势和危险性。

第二，作者认为，地震是可以认识的。在当今世界科技发展日新月异的信息时代，虽然地震预报的探索和经验积累似乎显得缓慢，但我们没有捷径可走，只能在前人的基础上，不懈地努力探索和增加积累，才能最终攻克地震预报难关。几十年来，宁夏的地震预测预报工作虽然仅仅是探索这个难题中微不足道的一部分，但经过一代人的辛勤努力，也已积累了大量宝贵的资料和具有区域特点的预测预报研究思路、方法和经验。本书将作者及同事多年从事宁夏地震预报研究工作积累的一些初步认识和经验加以总结，试图为后来者研究宁夏地震预报问题提供一点参考，作者认为是有意义的。

第三，防震减灾涉及地震监测预报、地震灾害防御、地震应急和救援等诸多方面的工作内容，需要大量丰富的基础资料。作者认为，从减轻地震灾害的需要出发，综合有关宁夏地震活动基础研究方面的成果，提供一份适合宁夏防震减灾需要的基础资料，是十分必要的。

本书共分 10 章，第一章简要介绍宁夏地震活动概况和地震研究工作的基本情况（杨明芝执笔）；第二章是宁夏及邻近地区区域地震构造的调查研究成果，重点分析区内主要活动断裂及活动特征（廖玉华执笔）；第三章汇集和整理本区开展的地球物理勘探资料和研究成果，在此基础上总结和归纳给出宁夏地区地壳深部结构及地球物理场的基本特征（杨明芝执笔）；第四章是关于宁夏强地震活动特征的内容，较全面地分析和讨论宁夏强地震活动特点以及与周围地区地震活动的相关性（杨明芝执笔）；第五章详细讨论宁夏现代小震活动时空分布特征，重点分析小震活动与区域中强地震活动的关系，从新的角度研究 1970 年以来区域内发生的几次中强地震前小震的一些异常活动现象及特征（杨明芝执笔）；第六章从地震活动场的概念出发，对区域地震活动进行统计分析，归纳提取出较适合本区地震活动特点的统计特征量，研究它们在中强地震发生前的变化（杨明芝、马禾青执笔）；第七章是根据震源机制、地壳形变和大地震破裂带等方面的资料，分析宁夏区域应力场特征。针对 1739 年银川-平罗 8 级和 1920 年海原 8½ 级两次大地震震源区，分别讨论宁夏大震孕育和发生的地体构造、深部结构和动力学条件（杨明芝、马禾青执笔）；第八章是对本区 30 多年来发生的几次中强地震预报经验的总结和提炼，以及由此形成的宁夏地震预报的初步思路 and 认识（马禾青执笔）；第九章通过对区域地震活动动态、区域主要活动断裂潜在危险性分析以及地震危险性的概率统计方法，对未来宁夏地区的地震趋势和危险性进行讨论（马禾青执笔）；第十章介绍宁夏几次典型地震灾害震例，分析宁夏震害的主要特点和原因，地震灾害对区域可持续发展的影响及对策（杨明芝执笔）。

本书在编写过程中得到了宁夏地震局的领导和许多同志的支持和帮助，张文孝研究员、柴炽章研究员、赵卫明研究员和张思源高级工程师认真审阅了全书并提出了非常宝贵的意见，在此一并表示感谢！

今天人们正面临着地震灾害的严重威胁，宁夏地震工作者任重道远。本书如果对今后研究宁夏地震活动及地震预测预报问题有所参考和启示，能对宁夏的防震减灾事业尽一点微薄之力，作者就感到十分欣慰。当然，由于作者水平所限，不足和错误在所难免，恳请读者批评指正。

作 者

2006 年 12 月 1 日

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 宁夏地震活动概述	(1)
1.1.1 宁夏的历史地震	(1)
1.1.2 关于宁夏历史地震资料的完整性	(3)
1.1.3 宁夏现今地震活动	(5)
1.2 宁夏地震活动研究	(6)
1.2.1 地震构造研究	(7)
1.2.2 地壳深部结构研究	(8)
1.2.3 地震观测台网	(8)
1.2.4 地震预报进展	(8)
1.2.5 地震灾害预防	(9)
第二章 区域地震地质特征	(10)
2.1 新构造分区及其特征	(10)
2.1.1 大地构造基本轮廓	(10)
2.1.2 新构造分区及其特征	(11)
2.2 活动断裂	(13)
2.2.1 北北东、北南向断裂	(13)
2.2.2 北西西—北北西向弧形断裂	(25)
2.2.3 东西向断裂	(37)
2.3 断陷盆地	(38)
2.3.1 拉张型断陷盆地	(38)
2.3.2 压陷型盆地	(39)
第三章 区域地球物理场与地壳深部结构	(41)
3.1 地壳速度结构特征	(41)
3.1.1 人工地震测深结果	(41)
3.1.2 地壳速度分层与地壳厚度	(46)
3.2 深部电性结构特征	(47)
3.2.1 大地电磁测深剖面	(47)
3.2.2 壳幔电性分层结构	(51)
3.2.3 电性结构及与地震活动的关系	(54)
3.3 宁夏地区重力场特征	(55)
3.3.1 布格重力异常	(55)
3.3.2 重力均衡异常	(57)

3.3.3	重力反演结果	(58)
3.3.4	重力异常与地震活动的关系	(59)
3.4	地磁场特征	(60)
3.5	区域地热场	(61)
3.5.1	大地热流分布	(62)
3.5.2	地壳深部热结构	(64)
3.5.3	地热与地震活动的关系	(65)
3.6	Q 值分布	(66)
3.6.1	S 波 Q 值	(66)
3.6.2	尾波 Q 值	(68)
第四章	宁夏强地震活动	(71)
4.1	强地震空间特征	(71)
4.1.1	强地震地理分布	(71)
4.1.2	强地震震源深度	(72)
4.2	地震活动分区	(73)
4.2.1	贺兰山地震区	(73)
4.2.2	六盘山地震区	(77)
4.3	强地震活动分期与时间重复性	(79)
4.3.1	强地震活动分期	(79)
4.3.2	强地震发生的时间间隔	(81)
4.4	成组地震活动与迁移	(85)
4.4.1	大震前中强地震的成组活动	(85)
4.4.2	现今中强地震的成组活动	(87)
4.4.3	强地震南北迁移特征	(88)
4.5	地震序列类型及强余震	(89)
4.5.1	地震序列及特征	(89)
4.5.2	有关历史大地震的强余震	(90)
4.6	宁夏强震与鄂尔多斯周边地震活动的关系	(92)
4.6.1	强震沿鄂尔多斯周边的迁移与呼应	(93)
4.6.2	鄂尔多斯周缘强地震活动分期	(95)
4.6.3	鄂尔多斯周缘强地震活动的时间分布特征	(95)
4.6.4	现今地震活动	(96)
4.7	宁夏强震与南北地震带地震活动的关系	(97)
4.7.1	南北地震带	(97)
4.7.2	南北地震带强震活动的时、空分段性	(97)
4.7.3	南北地震带强震迁移性	(99)
4.7.4	南北地震带北段 6 级以上地震相关性	(99)
4.8	宁夏强震与祁连构造带地震活动的关系	(102)

第五章 宁夏小震活动·····	(105)
5.1 小震空间分布特征·····	(105)
5.1.1 小震震中分布特点·····	(105)
5.1.2 分区小震震中分布·····	(106)
5.1.3 小震频度的空间分布·····	(107)
5.1.4 小震释放能量的空间分布·····	(108)
5.2 小震活动时间特征·····	(109)
5.2.1 历年小震频度·····	(109)
5.2.2 历年小震能量释放情况·····	(110)
5.2.3 小震活动的时间变化特征·····	(111)
5.3 小震震源深度分布·····	(112)
5.4 震群活动·····	(115)
5.4.1 震群活动的基本情况·····	(115)
5.4.2 几次震群事件·····	(118)
5.5 中强地震前的小震活动·····	(122)
5.5.1 吴忠、灵武地区中强地震前小震活动·····	(123)
5.5.2 吉兰泰地震区中强地震前小震活动·····	(128)
5.5.3 固海地震区中强地震前小震活动·····	(131)
5.6 余震活动·····	(133)
5.6.1 余震序列特征·····	(133)
5.6.2 有关历史强震的有感余震·····	(136)
5.7 地震活动平静·····	(138)
5.7.1 地震平静现象·····	(139)
5.7.2 宁夏中强地震前的平静异常·····	(139)
5.8 地震窗·····	(142)
5.8.1 吴忠窗·····	(142)
5.8.2 固原窗·····	(144)
第六章 地震活动的统计特征·····	(146)
6.1 地震活动场·····	(146)
6.2 震级频度关系—— b 值·····	(147)
6.2.1 地震震级分布·····	(147)
6.2.2 b 值计算结果·····	(148)
6.3 小震累计频次和地震发生率·····	(151)
6.3.1 泊松分布·····	(151)
6.3.2 地震背景发生率·····	(151)
6.3.3 地震累计次数·····	(153)
6.3.4 地震累计次数与震级·····	(153)
6.4 小震时间间隔的统计分布·····	(154)
6.4.1 地震时间间隔的指数分布·····	(154)

6.4.2	地震时间间隔的威布尔分布	(156)
6.5	有震天数的二项式分布	(157)
6.6	地震时、空、强均匀程度的统计特性	(158)
6.7	宁夏及邻近地区地震能量场的统计分析	(161)
6.7.1	地震能量分布与背景场	(162)
6.7.2	自然正交函数展开	(162)
6.7.3	资料分析	(164)
6.8	地震活动场的谱分析	(167)
6.8.1	平稳地震活动的相关函数	(167)
6.8.2	谱估计方法	(169)
6.8.3	最大熵谱估计	(170)
第七章	区域应力场分析	(173)
7.1	震源机制解	(173)
7.1.1	区域应力场的主应力方向	(173)
7.1.2	区域应力以水平力为主	(178)
7.1.3	从震源机制解推测地震断层错动方式	(180)
7.2	地震形变带和地震破裂特征	(184)
7.2.1	地震等震线反映的破裂特征	(184)
7.2.2	1709 年中卫南 7½ 级地震地表破裂带	(186)
7.2.3	1739 年银川-平罗 8 级地震形变带	(188)
7.2.4	1920 年海原 8½ 级大地震地表破裂带	(188)
7.3	现代地壳形变	(190)
7.3.1	水平形变测量结果	(190)
7.3.2	跨断层定点形变观测结果	(191)
7.3.3	水准观测结果	(192)
7.3.4	GPS 观测结果	(195)
7.4	宁夏地震活动的构造和动力学条件	(195)
7.4.1	宁夏地区主要动力学因素	(197)
7.4.2	银川盆地构造动力分析	(197)
7.4.3	六盘山地震区构造动力分析	(201)
第八章	地震预报	(204)
8.1	地震预报的基本思路	(204)
8.1.1	我国地震预报的基本思路	(204)
8.1.2	宁夏人民对地震预报的早期认识	(204)
8.1.3	宁夏地震预报的思路及认识	(205)
8.2	追踪式预报	(208)
8.2.1	地震中期预测	(208)
8.2.2	短临预报	(211)
8.2.3	中强地震的成丛活动及前兆特征的差异	(213)

8.3	1984 年灵武 5.3 级地震的中短期预报·····	(214)
8.3.1	中期预报·····	(214)
8.3.2	短期预报·····	(215)
8.4	1991 年阿拉善左旗 5.3 级地震的中短期预报·····	(216)
8.4.1	中期预报·····	(216)
8.4.2	短期预报·····	(217)
8.4.3	预报效果评价·····	(218)
8.5	宁夏地震预测的概率增益模型·····	(218)
8.5.1	概率增益模型概述·····	(218)
8.5.2	宁夏地区发生 5 级以上地震的背景概率·····	(220)
8.5.3	宁夏地区地震中期预测的概率增益估计·····	(220)
8.5.4	短临预测的概率增益估计·····	(222)
8.5.5	宁夏地震预警初探·····	(222)
8.6	地震活动加速模型·····	(225)
8.6.1	模型概述·····	(225)
8.6.2	模型在宁夏及邻区的具体应用·····	(228)
第九章	宁夏及邻区地震危险性研究·····	(230)
9.1	宁夏未来 7 级以上强地震形势分析·····	(230)
9.1.1	1303~1739 年鄂尔多斯周缘 7 级以上地震群体活动和盛衰期·····	(230)
9.1.2	1879~1963 年青藏高原北东部 7 级以上地震群体活动和盛衰期·····	(230)
9.1.3	未来 7 级以上地震危险性·····	(231)
9.2	海原 8½ 级大震以来宁夏及邻近地区地震活动动态·····	(231)
9.2.1	地震活动阶段划分·····	(231)
9.2.2	各阶段地震活动动态·····	(233)
9.2.3	1920 年以来地震能量释放·····	(236)
9.2.4	未来地震形势估计·····	(236)
9.3	地震构造危险性估计·····	(237)
9.3.1	活动断层分段·····	(237)
9.3.2	地震重复间隔·····	(239)
9.3.3	活动断裂地震危险度指标·····	(240)
9.3.4	活动断裂上地震空缺段·····	(240)
9.3.5	活动断裂上的减震作用·····	(242)
9.4	地震危险性的概率预测·····	(243)
9.4.1	发生破坏性地震的背景概率分析·····	(243)
9.4.2	地震活动的最大熵谱极值统计分析·····	(245)
9.4.3	地震活动的极值统计分析·····	(246)
第十章	宁夏地震灾害·····	(250)
10.1	宁夏地震灾害概述·····	(250)
10.1.1	地震灾害情况·····	(250)

10.1.2	地震烈度分布	(251)
10.1.3	宁夏地震灾害特点	(252)
10.2	1709 年中卫南 7½ 级地震	(253)
10.3	1739 年银川-平罗大震灾	(256)
10.3.1	地震灾害情况	(256)
10.3.2	地震的次生灾害	(258)
10.3.3	关于地震后的救灾与重建	(259)
10.4	1920 年海原大震灾	(260)
10.4.1	海原大地震概况	(260)
10.4.2	人员伤亡情况	(261)
10.4.3	海原大地震的破坏情况	(262)
10.4.4	震灾原因分析	(263)
10.5	近年几次中强地震震害	(264)
10.5.1	1970 年西吉 5.5 级地震灾害	(264)
10.5.2	1982 年海原蒿川 5.5 级地震	(266)
10.5.3	1987 年灵武 5.5 级地震	(267)
10.5.4	1973 年固原北 4.4 级地震	(269)
10.6	宁夏震害分析	(269)
10.6.1	地震直接灾害和次生灾害	(269)
10.6.2	地震地面破坏类型	(270)
10.6.3	宁夏震害形成原因分析	(271)
10.7	地震灾害与可持续发展	(275)
10.7.1	地震活动是可持续发展必须重视的环境基础条件	(276)
10.7.2	地震灾害对区域可持续发展的制约和影响	(277)
10.7.3	防震减灾, 促进区域可持续发展目标的实现	(278)
参考文献		(281)

第一章 绪 论

1.1 宁夏地震活动概述

我国是个地震较多的国家，但地震分布又很不均匀，地震大多发生在一些地震活动区，并形成几个密集分布的地震带。宁夏正位于纵贯我国北南的中枢大地震带——南北地震带的北段。在地质上，这一段是祁连地槽褶皱系与华北地台的西部边缘接触形成的过渡带，发育了一系列规模较大的活动断裂，地质状态不稳定，造成了宁夏地区具有地震发生频繁、强度大和灾害严重的基本特点。

上溯 1000 年以来，宁夏地区发生过 15 次 6 级以上破坏性地震，其中有 5 次 7 级以上灾难性破坏地震，使生活在宁夏这块土地上的人民饱受地震灾难之苦。1739 年发生的银川—平罗 8 级大地震，瞬息之间，使素有“塞上江南”之称的银川平原房倒屋摧，死伤遍野。1920 年宁夏南部山区海原一带发生了举世震惊的海原 8½ 级大地震，造成了亘古未有之奇灾和巨大的人间惨祸。据统计，宁夏历次地震造成的死亡人数（不包括邻近地区）累计超过 23 万人之多。

为了更全面地了解宁夏地震活动的全貌，本书以 1950 年为界将地震分两个时段加以叙述。将 1950 年前的地震称为历史地震，这些地震大多依据历史资料记载，难免遗漏，准确性较差。1950 年之后发生的地震称为现代地震，这些地震都有较完整的仪器记录资料。

1.1.1 宁夏的历史地震

有关宁夏地震的历史记载，可追溯至公元 143 年（东汉时期）。据《后汉书》记载：（东汉顺帝）建康元年春正月辛丑，诏曰：“陇西、汉阳、张掖、北地、武威、武都自去年九月以来，地面八十震，山谷坼裂坏败城寺，杀害民庶。……”。据此推算，地震的时间为汉安二年九月至三年四月，7 个月内上述六地发生过 80 余次地震，详细的震中位置记录不详。当时北地郡治所在今吴忠南西，辖境包括今吴忠、盐池及以北地区，即今银川平原及周围地区，银川平原可能是发生地震的区域或地震波及区之一。这是涉及宁夏地区最早的历史地震记录。

最早记载发生在宁夏区内的地震是公元 646 年 11 月 5 日灵武地震，《旧唐书》记载了此次地震。据《旧唐书·太宗纪》记载：“[贞观二十年九月]辛亥，灵州地震有声。”而在《旧唐书·五行志》中也有记述：“[贞观]二十年九月十五日，灵州地震，有声如雷”。

宁夏区内破坏性地震的最早记载是公元 876 年（唐僖宗三年）发生在青铜峡广武附近的 6½ 级地震。据《新唐书·五行志》记载：“乾符三年六月乙丑，雄州地震，至七月辛巳止，州城庐舍尽坏，地陷水涌，伤死甚重”。唐时雄州治所在灵武城南西百八十里，即今广武镇附近。这条地震记载中，不但有地震发生的时间和地点，而且记述了地震造成的灾害情况，甚至地震后余震活动的持续时间也作了记载。

自汉唐以后，随着宁夏经济文化发展及与中原关系的密切，史料上有关宁夏的地震记

载逐渐增多。《宁夏回族自治区地震历史资料汇编》(宁夏回族自治区地震局, 1988) 搜集整理了自公元 143 年至 1949 年间, 散见于各种历史资料中有关宁夏的地震记载共 360 余条, 这些历史资料包括宫廷档案、地方志书和碑刻等。很显然, 历史地震记载的多寡与经济文化的发展和历史条件有很大关系, 也与历史资料的保存情况有关。宋朝以前, 涉及宁夏的地震记载只有 8 条, 但宋(西夏)之后, 记录逐渐增多, 特别是明、清两朝的地震记载更多。

地震历史记载大致可分为 3 种情况: (1) 记载了关于地震发生的具体时间、地点和震灾程度, 可确定地震发生的时间、震中位置和地震震级等基本参数, 有些记载较详细的地震可确定地震烈度分布; (2) 只记载某时、某地发生的地震事件, 而无灾害记载的有感地震; (3) 地震记录过于笼统, 地震发生的时间、地点或破坏情况记述不确切, 难以确定地震事件的基本参数。如《金史·五行志》记载: “[海陵正隆] 五年二月辛未(1160 年 3 月 31 日), 河东、陕西地震。镇戎、德顺等军大风, 坏庐舍, 民多压死。” 河东在今山西太原, 镇戎在今宁夏固原, 德顺在今宁夏隆德、甘肃静宁一带, 根据这条记载我们不能确定地震发生在何处。

根据历史资料, 公元 876~1950 年, 宁夏境内可确定地震基本参数的 5 级以上破坏性地震共 33 次, 其中 8 级地震 2 次, 7 级地震 3 次, 6 级地震 10 次(表 1.1)。

表 1.1 宁夏历史地震简表

序号	年 月 日	φ_N, λ_E	地 点	震级	震中烈度	资料来源
01	08760714	37.8°, 105.9°	青铜峡南	6½	VIII	[1]
02	101011—	38.1°, 106.4°	灵 武	5½	VII	[1]
03	114304—	38.5°, 106.3°	银 川	6½	VIII	[1]
04	12190602	36.0°, 106.2°	固 原	6½	VIII~IX	[2]
05	122707—	38.5°, 106.3°	银 川	5½	VII	[3]
06	13060912	35.9°, 106.1°	固原南	6½	VIII~IX	[1]
07	13780430	38.5°, 106.3°	银 川	5¾	VII	[1]
08	14741211	38.0°, 106.3°	灵武南	5½	VII	[1]
09	14770513	38.5°, 106.3°	银 川	6½	VIII	[1]
10	14950410	37.6°, 105.6°	中卫东	6¼	VIII	[1]
11	15050710	37.8°, 105.9°	青铜峡南	5½	VII	[1]
12	15610725	37.5°, 106.2°	中 宁	7¼	IX~X	[2]
13	15620224	38.5°, 106.3°	银 川	5½	VII	[3]
14	15680401	38.5°, 106.3°	银 川	5¾	VII	[1]
15	16080923	37.7°, 105.8°	青铜峡南	5½	VII	[3]
16	16150720	38.8°, 106.3°	平罗西南	5½	VII	[1]
17	16160210	37.7°, 105.9°	青铜峡西南	5¾	VII	[3]
18	16221025	36.5°, 106.3°	固原北	7	IX~X	[1]
19	16270215	37.5°, 105.3°	中卫东	6	VIII	[2]
20	163801—	36.6°, 105.5°	海 原	5½	VII	[3]

续表

序号	年 月 日	φ_N, λ_E	地 点	震级	震中烈度	资料来源
21	1686——	37.1°, 106.5°	同心东北	5½	VII	[3]
22	17091014	37.4°, 105.3°	中卫南	7½	IX—X	[1]
23	17390103	38.8°, 106.5°	银川—平罗*	8	X ⁺	[2]
24	17390223	38.5°, 106.3°	银 川	5½	VII	[2]
25	17481121	36.4°, 106.1°	固原北	5½	VII	[1]
26	18520526	37.5°, 105.2°	中 卫	6	VIII	[1]
27	188909—	38.1°, 106.3°	灵 武	5½	VI—VII	[3]
28	19201216	36.6°, 105.3°	海 原	8½	XII	[4]
29	19210107	38.0°, 106.3°	吴忠东	5		*
30	19210222	37.9°, 106.2°	吴忠南	6	VIII	*
31	19210412	35.8°, 106.2°	固 原	6½		[1]
32	19230902	36.0°, 106.2°	固 原	5		[1]
33	19340922	36.6°, 105.7°	海 原	5	V	[1]

注: [1]中央地震工作小组办公室, 1971; [2]顾功叙等, 1983; [3]国家地震局震害防御司, 1995; [4]国家地震局地质研究所、宁夏回族自治区地震局, 1990。

*本书根据前述资料和《宁夏地震目录(1982)》修订。

此外, 历史资料中还记录了相当数量的有感地震。由于古时候还没有地震观测仪器, 只能凭感觉知道发生了地震, 这些人们感觉到并加以记载而又没有造成灾害的地震我们称为历史有感地震。按照现在的经验, 震级大概在 3~4½ 级范围。据《宁夏历史有感地震目录》^①, 公元 1900 年前共记载有感地震 283 条。毫无疑问, 由于历史有感地震影响面小, 历史记载的遗漏是很严重的。因此, 只能作为了解宁夏历史地震活动的参考。

1.1.2 关于宁夏历史地震资料的完整性

历史地震资料作为地震活动性和工程地震应用的基础资料, 其完整性和可靠性十分重要。宁夏历史上处于边陲地区, 长期的战争状态和经济文化落后, 地震记录很不完整。表 1.1 中, 公元 876 年(唐后期)发生于青铜峡广武的 6½ 级地震, 是公元 1010 年之前宁夏地区唯一的一条破坏性地震记录。根据宁夏地震频繁的特点, 显然公元 1010 年之前地震记录严重缺失。大约自公元 1100 年之后被史料记载的地震逐渐增多, 地震记录情况明显与本区社会经济文化发展有一定关系。

为了考察宁夏历史地震的记录情况, 我们统计宁夏地区公元 1000 年之后 5 级以上地震频次(不包括大地震的强余震)。从图 1.1 可看出, 总体上频次曲线呈起伏变化。其中, 大约从 1474 年开始 5 级以上地震频次显著上升, 说明此时地震记录已逐渐丰富。频次曲线的起伏变化可能有 3 方面因素: 一是地震活动处于活跃或平静期的正常起伏。二是大地震发生前后的异常起伏。例如, 1739 年银川—平罗 8 级大地震后区域地震活动趋于平静时段, 地震相对较

① 杨明芝、王增光、金延龙, 1994, 宁夏历史有感地震目录, 见: 宁夏回族自治区地震局, 地震观测与预报, 1994 (1)。

少。1920 年海原 8½ 级大地震前大区域范围出现中强以上地震平静，造成一段时间的低频次。三是社会不稳定造成一些地震被漏记。当社会稳定，政治、经济和文化得到发展时，地震灾害受到人们的关注，地震记载就相对详细，漏记地震的情况就少。而社会动荡，发生战乱，特别是宁夏历史上长期处于中央政权与边疆少数民族的拉锯战争中，社会发展极不稳定，地震漏记比较严重。例如，1739~1920 年近 180 年地震频次较低，只记录了一次 6 级和两次 5 级地震，这种情况极不正常。一般来说，1739 年银川-平罗大地震后到 1920 年海原大地震前，至少 5 级左右地震的平静不可能持续 180 年，如此长时间的低频次只能是地震记录缺失造成。清朝中后期逐步走向衰落，直到民国时期，由于朝代变动，社会动荡，战乱和饥荒等天灾人祸经常发生，远离政治中心的偏远宁夏地区经济文化十分落后，地震灾害得不到官方重视。因此，漏记地震的情况是非常可能的。

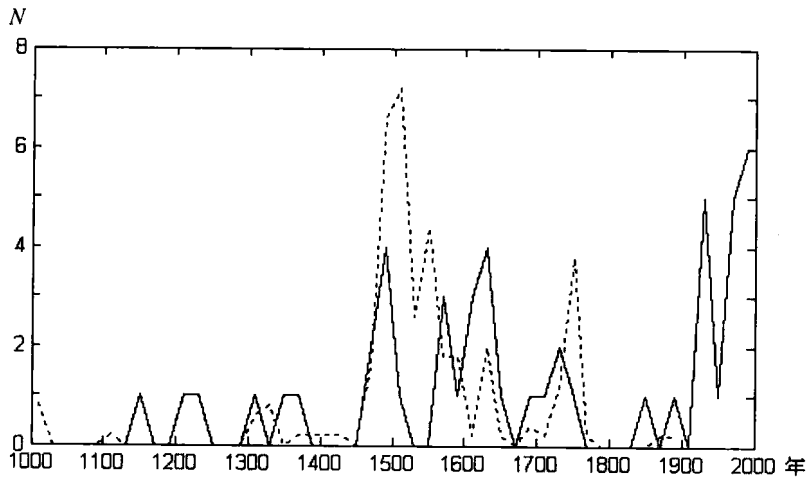


图 1.1 宁夏地区公元 1000 年以来地震频次曲线
实线： $M \geq 5$ 地震；虚线：有感小震（地震数= $N \times 5$ ）

为了说明历史地震记录情况，图 1.1 中还给出公元 1000~1900 年历史有感小震的记录频次图（图中虚线）。可看出有感小震频次分布与 5 级以上地震频次的分布情况基本一致。

不同震级档的历史地震记录完整性不完全一致。为了进一步考察不同震级档历史地震记录的完整程度，采用地震发生比率和年平均发生率两种统计方法进行检验。由于历史地震震级是由地面破坏情况确定的烈度值通过经验公式换算得到的，震级误差较大。这里我们只区分 5 级和 6 级以上地震两个档次来考察其记录完整性。

1) 地震发生比率

统计了公元 1000 年以来每 300 年 6 级以上地震占 5 级以上地震总数的比例，即 $K = N_{\geq 6} / N_{\geq 5}$ 。由表 1.2 中可看出， K 值随时间减小，早期 K 值大，说明 5 级地震的漏记严重。1700 年之后 K 值降至 0.28，1900 年以来 K 值为 0.20，可以认为 1900 年以来 5 级以上地震基本不会漏记。而 1900 年之前 6 级以上地震占 5 级以上地震总数的比例均偏大，说明 1900 年之前 5 级地震存在漏记，时间越向前 K 值越大，漏记情况也越严重。