

# Characteristics of Destructive Seismic Activity around Yinchuan City and Its Seismic Effect

Hengzhi Luo, Guofu Luo\*, Jiaqi Ren

Earthquake Administration of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan Ningxia  
Email: \*luoguofu\_05@163.com

Received: Sep. 4<sup>th</sup>, 2019; accepted: Sep. 18<sup>th</sup>, 2019; published: Sep. 25<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

The destructive seismic activities in Yinchuan basin are characterized by high frequency, high intensity and heavy disaster. Destructive earthquakes are mainly concentrated in two areas. The first area is the Ningxia Yongning County to Yinchuan city, which is dominated by strong earthquakes in history. In 1739, the Yinchuan earthquake of magnitude 8 caused huge casualties and property losses. The other area is Wuzhong Lingwu area in Ningxia, which is mainly composed of moderate earthquakes since the founding of the People's Republic of China. In addition, Yinchuan basin is dominated by sedimentary strata, and the absorption or amplification effect of seismic waves may be the main reason for the strong seismic sensation.

## Keywords

Yinchuan City, Destructive Earthquake, Characteristics of Earthquakes, Felt Earthquake Effect

---

# 银川市周围破坏性地震活动特征及其震感效应

罗恒之, 罗国富\*, 任家琪

宁夏回族自治区地震局, 宁夏 银川  
Email: \*luoguofu\_05@163.com

收稿日期: 2019年9月4日; 录用日期: 2019年9月18日; 发布日期: 2019年9月25日

---

## 摘要

银川盆地的破坏性地震活动具有频度高、强度大和灾害重的特点。破坏性地震主要集中在两个区域, 第

\*通讯作者。

一个区域为有史以来以强震为主的宁夏永宁县至银川市，其中1739年银川8级地震造成巨大人员伤亡和财产损失。另一个区域为建国以来以中等地震为主的宁夏吴忠灵武地区。另外银川盆地以沉积地层为主，对地震波有吸收或放大效应可能是震感强烈的主要原因。

## 关键词

银川市，破坏性地震，地震特征，震感效应

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

银川盆地位于南北地震带北段，地处鄂尔多斯块体、阿拉善块体和青藏块体之间交汇的过渡带，地质构造复杂，分布着多条全新世活动断裂，强震活动频繁。历史上曾于1143年和1477年及1739年发生过2次6.5级地震和1次8级大震，给银川市造成巨大的人员伤亡和财产损失。1970年以来银川市周边的破坏性地震主要集中在宁夏吴忠灵武，以及银川盆地的外围阿拉善块体，银川市灵武地区1971年宁夏灵武5.1级地震、1984年宁夏灵武5.3级地震、1987年和1988年宁夏灵武分别5.5级、5.3级地震；银川周边的1976年内蒙古巴音木仁6.2级地震、1991年内蒙古阿拉善左旗3次5.0级左右地震、2015年内蒙古阿拉善左旗5.8级地震，这些破坏性地震都波及到银川市，造成一定程度的灾情和人们恐防。银川市周边经常发生中等地震，且震感强烈，相关研究表明银川市周边是破坏性地震多发区，也是2010~2020年全国地震重点监视防御区[1]。刘雷[2]研究银川盆地地震活动特征和水平运动；雷启云[3]研究1739年平罗8级地震构造；柴炽章[4]研究银川盆地断裂构造特征等，这些前人研究成果为研究银川市及其周边破坏性地震活动特征及震感强烈的特征分析提供基础资料，也为政府规划城市发展、地震预警和预防等提供强有力的依据，体现以人为本和谐社会的防震减灾方针。

## 2. 银川盆地周围破坏性地震

### 2.1. 银川盆地位置

银川盆地位于银川市周边，盆地内共发育着6条活动断裂，每条断裂都具备发生破坏性地震的构造背景，都是第四纪活动断裂。盆地的南边分布着三关口-牛首山断裂[5]，西北分布着贺兰山东麓断裂[6]，北边分布着正谊关断裂，东边分布着黄河灵武断裂[7]，盆地内部还分布芦花台隐伏断裂和银川-平罗隐伏断裂[4]。

### 2.2. 破坏性地震基本特征

所谓破坏性地震的是指一定时间和一定范围内通常震级为 $M_{4.7}$ 级以上地震就具有一定的破坏性。本文主要研究银川市周边4.7级以上破坏性地震，使用的地震资料为中国地震目录[8]、中国地震简目(中国地震简目汇编组, 1988) [9]和宁夏地震台网中心的观测资料为基础，编制了银川盆地研究区内的破坏性地震( $M \geq 4.7$ )目录[10](表1)。

自公元876年以来，截止2018年底银川盆地内共记录到 $M \geq 4.7$ 级的地震27次，各震级分档的地震统计数见表2，图1为银川盆地内破坏性地震的 $M-t$ 图，表明银川盆地破坏性地震成等间距发生，但二十

世纪八十至九十年代,破坏性地震成密集成丛发生,但1993年宁夏石嘴山4.8级地震后,目前已经平静20多年,目前银川盆地内可能存在发生破坏性地震的背景,因此需要引起重视。

**Table 1.** Destructive earthquakes have been recorded in Yinchuan basin

**表 1.** 有记录以来银川盆地发生破坏性地震

序号	地震时间			位置		震级	震中烈度	参考地名
	年	月	日	纬度	经度			
1	876	07	14	37.80	105.90	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VIII	宁夏青铜峡南
2	1010	11	00	38.10	106.40	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VII	宁夏灵武
3	1143	04	00	38.50	106.30	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VIII	宁夏银川
4	1227	07	00	38.50	106.30	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VII	宁夏银川
5	1311	04	16	38.50	106.30	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	VI	宁夏银川
6	1378	04	30	38.50	106.30	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	VII	宁夏银川
7	1474	12	11	37.90	106.30	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VII	宁夏灵武南
8	1477	05	13	38.50	106.30	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VIII	宁夏银川
9	1497	02	27	38.30	106.30	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	VII	宁夏永宁
10	1505	07	10	37.80	105.90	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	VII	宁夏青铜峡南
11	1562	02	14	38.50	106.30	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VII	宁夏银川
12	1568	04	01	38.50	106.30	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	VII	宁夏银川
13	1615	07	20	38.80	106.30	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VII	宁夏平罗西南
14	1616	02	10	37.70	105.90	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	VII	宁夏青铜峡南
15	1739	01	03	38.80	106.50	8	X <sup>+</sup>	宁夏平罗银川间
16	1739	02	23	38.50	106.30	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VII	宁夏银川
17	1740	05	00	38.50	106.30	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	VI	宁夏银川
18	1889	09	00	38.10	106.30	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	VII	宁夏灵武
19	1899	00	00	38.10	106.30	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	VI	宁夏灵武
20	1962	11	06	38.00	106.30	4.8	VI	宁夏灵武
21	1962	12	07	38.12	106.27	5.4	VII	宁夏灵武西
22	1962	12	18	38.03	106.18	5.5	VII	宁夏灵武西
23	1984	11	23	38.07	106.22	5.3	VII	宁夏灵武
24	1987	8	10	38.05	106.28	5.5	VII	宁夏灵武
25	1988	1	4	38.10	106.32	5.5	VII	宁夏灵武
26	1988	01	10	38.05	106.27	5.0	VII	宁夏灵武
27	1993	08	12	39.27	106.37	4.8	VI	宁夏石嘴山

**Table 2.** Statistical table of earthquake frequency

**表 2.** 地震频次统计表

震级	M = 4.7~4.9	M = 5.0~5.9	M = 6.0~6.9	M ≥ 8.0
次数	5	19	3	1

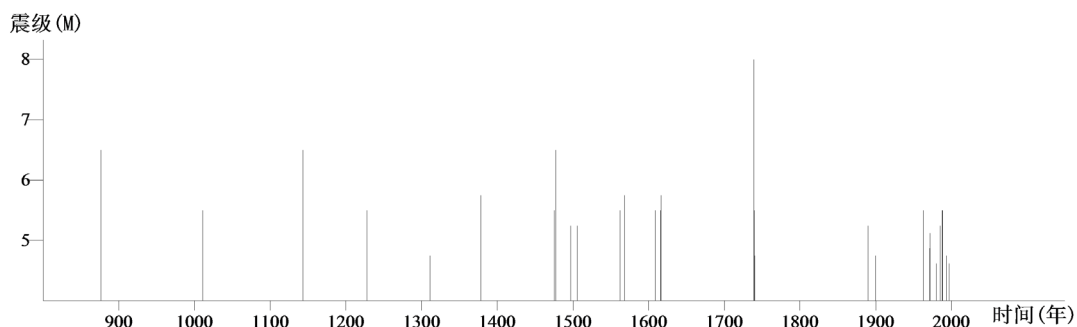


Figure 1. Destructive earthquakes in Yinchuan basin of M-t map

图 1. 银川盆地破坏性地震 M-t 图

银川盆地破坏性地震活动具有频度高、强度大的特点。空间主要集中在以永宁县和灵武市之间为界可分为南北两段，北段以银川市中心和南段以灵武市为中心，两者地震活动性存在一定的差异。北段的银川-平罗段共发生 12 次强震，包括 8.0 级地震 1 次，6.5 级地震 2 次，1143、1477 和 1739 年地震的间隔为 334 和 262 年。需要指出的是 2 次 6.5 级地震和 6 次 5.0 级地震就发生在银川市兴庆区东北角。可以看出北段的地震频次略高于南段，强度较大。但自 1739 年 8.0 级地震以后，北段的地震活动趋于平静，再没有发生过 5 级以上地震，破坏性地震转移到南段。南段的破坏性地震活动从灵武至牛首山东，形成南北走向的带状分布，靠近盆地的东侧，该段发生了 9 次，最大震级为 5.5 级。1962 和 1984 年两次地震的间隔为 22 年，1984 年后于 1987 和 1988 年呈连续发生 5.0 级地震。1962 和 1988 年灵武破坏性地震为双震型地震。

### 2.3. 中小地震活动特征

图 2 可以看出，银川盆地内的中小地震震中在灵武及其以南十分密集，形成南北走向的分布，其长约 50 km，宽度 30 km，向东越过地堑边界影响到鄂尔多斯地块的西缘。银川盆地北段的永宁至银川之间中小地震也相对密集，而银川至平罗弱震震中较为稀疏。

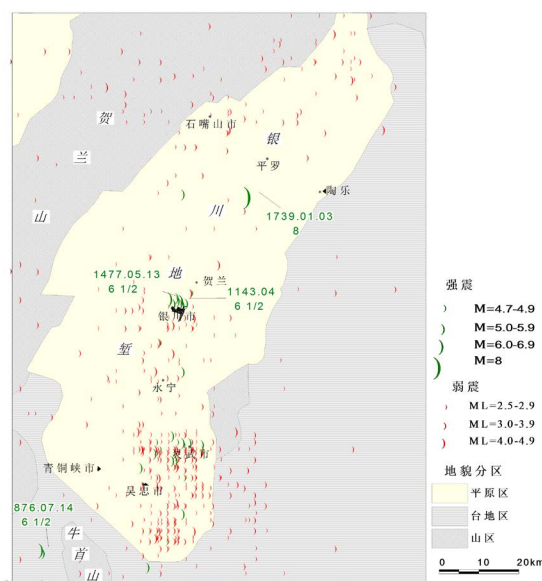


Figure 2. Earthquake epicenter distribution in Yinchuan basin since records began

图 2. 有记载以来银川盆地地震震中分布图

### 3. 银川盆地破坏性地震灾害

银川盆地土地面积约为 0.39 万 km<sup>2</sup>，历史上曾多次遭受严重地震灾害，对当地的社会和经济造成重大破坏。

自公元 876 年至今，银川盆地发生 6 级以上地震 4 次(不包括余震)，这些地震都曾给宁夏人民的生命财产造成过灾害(表 3)。

**Table 3.** Earthquake and disaster of magnitude 6 or above occurred in Yinchuan basin

**表 3.** 银川盆地发生的 6 级以上地震和灾害

时间(年月日)	地点	震级	烈度	灾害情况
876-7-14	青铜峡南	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VIII	庐舍尽坏，地陷水涌，伤亡甚众。(《新唐书·五行志》)
1143-4-X	银川	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VIII	坏官私庐舍、城壁，地裂泉涌出黑沙，人畜死伤万数。(《宋史·夏国传》)
1477-5-13	银川	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	VIII	城垣崩坏者 83 处。(《明实录·成化实录》)
1739-1-3	银川~平罗	8	X	屋舍尽倒，压死官民男妇五万余人。(《宁夏府志》)

注：表中 X 是表明 1143 年 4 月某日，发生银川 6.5 级地震，具体日期不详。

自 1950 年以来，银川盆地共发生 5 级以上地震 6 次 5 组(表 4)，主要集中在吴忠 - 灵武，银川市周围无破坏性地震发生，平均约 10 年左右遇到一次 VI 度的地震灾害。这些地震的发生，对当地人民的生命财产造成了一定灾害损失。如 1987 年 8 月 10 日宁夏灵武 5.5 级地震约有 27 万间房屋受到不同程度的破坏和损坏。

**Table 4.** Devastating earthquake and disaster hit Ningxia in 1950

**表 4.** 1950 年以来宁夏发生的破坏性地震灾害

序号	时间 (年月日)	震中位置			震级	烈度	震中区震害概况
		$\varphi_N$ (°)	$\lambda_E$ (°)	地点			
1	1962-12-7	38.12	106.27	灵武	5.4	VII	少数破旧房屋倒塌，80%房屋裂缝。
2	1962-12-18	38.03	106.18	灵武	5.5	VII	少数破旧房屋倒塌，一类房屋明显裂缝
3	1984-11-23	38.07	106.22	灵武	5.3	XII	砖基土坯房损坏较多，砖木结构房开裂，地面裂缝。
4	1987-8-10	38.05	106.28	灵武	5.5	XII	约 27 万间房屋受到不同程度的破坏和损坏，倒房 18 间，一人被砸伤，砸死家畜 10 头；发生冒沙和小面积下沉；经济损失约 830 万元。
5	1988-1-4	38.10	106.32	灵武	5.5	XII	各类房屋普遍遭受不同程度损伤，墙体开裂折断，少数平房和楼房破坏无法使用，出现喷砂冒水等现象。
	1988-1-10	38.05	106.26	灵武	5.0		

## 4. 震感强烈原因

### 4.1. 银川市沉积地层

银川市市辖兴庆区、金凤区、西夏区三区，永宁县、贺兰县两县，代管灵武市 1 个县级市。银川市位于贺兰山东麓冲积半原上，地形开阔平坦，海波约 1100 m，地面坡度平缓，由于黄河的冲积和变迁，形成以第四系冲积湖地层组成，包括：砂性土层、粘性土层、淤泥及淤泥质土层，全新世软土层。由于黄河的不断东移，致使兴庆区至金凤区在黄河冲积下沉积了较为复杂的粘性土层，上覆人工填土，具有结构松散，压缩性高，分布不均匀特征。一般来说兴庆区的填土厚度大于金凤区的填土厚度。

## 4.2. 地震波的放大作用

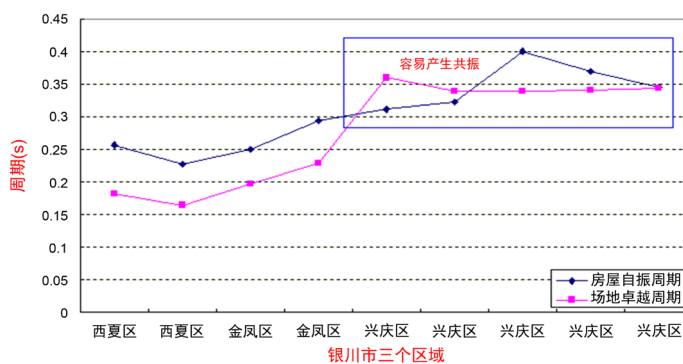
工程地震中普遍认为, 基岩以上的沉积层对地震波有吸收作用和放大效应, 由此分析建在不同类别土层建筑物在地震过程中呈现不同的破坏现象。一般认为地基土越坚硬, 其卓越周期越短, 峰值也越明显; 反之地基土越松软, 其卓越周期越长, 峰值越平坦。银川市兴庆区主要由沉积性松软粘性土层构成, 土层厚度大, 经常发生一些中小地震, 震感也很强烈。

## 4.3. 房屋固有周期与场地卓越周期对比

本人从兴庆区金凤区、西夏区 11 栋 4~6 层居民房屋和机关办公楼房进行自振频率和自振周期的测量结果如表 5, 发现银川市房屋的自振周期范围主要集中在 0.227 s~0.370 s。

**Table 5.** The measured results of natural vibration frequency and period of brick and concrete buildings in Yinchuan city  
**表 5.** 银川市以砖混楼房自振频率和周期实测结果

序号	测点位置	楼层	结构	自振周期(s)	场地周期(s)
1	西夏区铁路分局西花园94号楼	6	砖混	0.256	0.183
2	西夏区铁路分局西花园84号楼	6	砖混	0.227	0.165
3	金凤区水利幼儿园3号楼	6	砖混	0.250	0.196
4	金凤区电力研究院办公楼	6	砖混	0.294	0.229
5	兴庆区富宁街4号楼	6	砖混	0.312	0.359
6	兴庆区电力局4号楼住宅楼	4	砖混	0.322	0.339
7	兴庆区电力局试验所实验楼	6	砖混	0.360	0.345
8	兴庆区电力物资公司办公楼	6	框架	0.370	0.348
9	兴庆区丽水家园住在楼8号楼	6	框架	0.345	0.350
10	兴庆区绿地21城住宅楼	6	框架	0.333	0.310
11	兴庆区石油城燕鸽湖二区4号楼	6	砖混	0.322	0.311



**Figure 3.** Comparison of housing cycle and soil cycle in three areas of Yinchuan city  
**图 3.** 银川市三个区域房屋周期和场地土层周期对比

从图 3 和表 5 看出, 银川市西夏区、金凤区和兴庆区的场地卓越周期与砖混结构 4~6 层楼房的自振周期对比可以看出, 银川市兴庆区场地卓越周期与房屋自振周期十分接近为在 0.3~0.4s, 西夏区至金凤区的房屋自振周期明显高于该场地的卓越周期。因此银川市发生破坏性地震, 兴庆区极易产生地震波与房屋的共振现象, 从而导致房屋严重破坏, 而金凤区和西夏区地震造成的破坏性对较小。

## 5. 结论

本文通过研究银川市破坏性地震活动的特征和其震感强烈的原因, 得出如下结论:

1) 银川盆地破坏性地震活动具有频度高、强度大的特点。破坏性地震空间上主要集中在两个区域, 第一个区域为永宁至银川市, 该区域主要包括历史性强震; 另一个区域为吴忠灵武地区, 建国后该区域破坏性地震频次多, 强度低的特点。未来几年或者几十年后者是银川盆地再次发生破坏性地震活动的重点危险区。

2) 银川盆地历史上发生多次破坏性地震, 造成严重的人员伤亡和财产损失, 如 1739 年银川 - 平罗 8 级地震造成 5 万多人死亡; 1987 年灵武 5.5 级地震造成 27 万间房屋破坏和损失。

3) 银川市主要以沉积地层为主, 对地震波有吸收作用和放大效应。银川市自西向东西夏区、金凤区到兴庆区沉积地层厚度加大, 土层对低频率成分的放大作用越来越明显。特别是兴庆区的 4-6 层砖混楼房的自振周期频率与场地的卓越周期频率十分接近, 极易发生共振现象, 地震后容易而产生严重破坏。

## 致 谢

感谢审稿专家和编辑部对本文提出宝贵的修改意见和建议。

## 基金项目

宁夏回族自治区科技厅自然科学基金项目(NZ17222)。

## 参考文献

- [1] 罗国富, 贺永忠, 师海阔. 银川盆地有感地震活动特征及其震感强烈原因分析[J]. 防灾减灾学报, 2013, 29(4): 19-24.
- [2] 刘雷, 蒋锋云, 朱良玉. 银川盆地水平运动和地震活动特征分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2018, 38(1): 36-42.
- [3] 雷启云, 柴炽章, 杜鹏, 等. 1739 年平罗 8 级地震发震构造[J]. 地震地质, 2015, 37(2): 413-429.
- [4] 柴炽章. 银川市地震活动断层探测及其在城市规划中的应用[J]. 城市与灾害, 2018(1): 18-23.
- [5] 雷启云, 张培震, 郑文俊, 等. 青藏高原东北缘三关口 - 牛首山断裂的右旋走滑与弧形构造带扩展[J]. 中国科学 - 地球学报, 2016, 46(5): 691-705.
- [6] 刘建辉, 张培震, 郑德文, 等. 贺兰山晚新生代隆升的剥露特征及其隆升模式[J]. 中国科学 - 地球学报, 2010, 40(1): 50-60.
- [7] 包国栋, 陈虹, 胡健民, 等. 银川盆地东缘黄河断裂第四纪活动与分段行研究[J]. 地球学报, 2019, 40(4): 614-628.
- [8] 国家地震局监测预报司. 中国地震历史强震目录[M]. 北京: 地震出版社, 2005.
- [9] 中国地震简目汇编组. 中国地震简目汇编, 中国地震目录(B.C.780-A.D.1986  $M \geq 4.7$ ) [M]. 北京: 地震出版社, 1988.
- [10] 宁夏回族自治区地震局. 宁夏回族自治区地震历史资料汇编目录[M]. 北京: 地震出版社, 1988.