引文格式：申雨康,郑威. 基于历史地理与GIS的圆明园地震空间分布研究[J]. 地理空间信息, 2026, 24(3): 33-36. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.03.008

基于历史地理与GIS的圆明园地震空间分布研究

申雨康[1,2]，郑　威[1,2*]
（1. 武汉大学 历史学院 历史地理研究所，湖北 武汉 430072；2. 武汉大学 文化遗产智能计算实验室，湖北 武汉 430072）

摘　要：1730年圆明园6$^{1/2}$地震，清代史籍记载颇详。采用文献考察、档案数据与古地图分析、核密度分析等方法分析了北京城内部与外部的震灾空间分布特征；并利用历史地理学方法探讨了影响地震分布的机理。结果表明：①北京城内反应较快，有感区域小、灾情轻；②城外反应较慢，有感区域大、灾情重；③在有感区域中，近西山地带的河北保定市高碑店市核密度最高。其关键机理在于，该地在雍正及以前，常年接纳永定河与滹沱河浊流淤积的泥沙，饱和砂土和粉土地层致地震砂土液化危险度极高。

关键词：圆明园地震；ArcGIS Pro；可视化；空间差异
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）03-0033-04

Spatial Distribution of the 1730 Old Summer Palace Earthquake: A Historical Geography and GIS-based Investigation

SHEN Yukang[1,2], ZHENG Wei[1,2]
(1. Institute of Historical Geography, School of History, Wuhan University, Wuhan 430072, China;
2. Intelligent Computing Laboratory for Cultural Heritage, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The 1730 Old Summer Palace M6$^{1/2}$ earthquake, well-documented in Qing Dynasty historical records, was investigated through archival data analysis, historical map interpretation, kernel density estimation (KDE), and historical geography methods to delineate the spatial distribution of seismic damage within and outside Beijing. Key findings included that ①urban Beijing exhibited rapid seismic response, limited perceptible areas, and minor damage. ②Suburban regions experienced delayed responses, broader perceptible zones, and severe destruction. ③The highest KDE values for seismic soil liquefaction risk were identified in Gaobeidian City, Baoding City, Hebei Province, adjacent to the western mountainous area. Mechanistic analysis revealed that pre-1723 sedimentary deposition from the Yongding River and Hutuo River resulted in saturated sandy and silty strata, significantly elevating liquefaction susceptibility during seismic events.

Key words: Old Summer Palace earthquake, ArcGIS Pro, visualization, spatial difference

清雍正八年八月十九日（1730年9月30日），圆明园及附近地区发生6$^{1/2}$级强震。李善邦[1]首先根据历史文献收录此条地震；顾功叙[2]、时振梁[3]、环文林[4]和王越[5]结合故宫地震档案、实地考察与卫星遥感等资料，进一步完善了烈度分布、发震构造、震中位置、震中烈度、震级和人口伤亡等内容；汪波[6]、高继宗[7]、匡田[8]则从雍正帝救灾举措机制与地震场地响应等方面进行延伸讨论。这些研究多从地震学、历史学角度切入，集中在史料梳理、参数考订等方面。GIS遥感可为地质灾害研究提供有力的技术支持与数据资源[9]。因此，在研究方法上，历史自然地理与GIS的结合仍有发展空间；在研究内容上，圆明园地震数据的空间分布特征、历史地理背景和重灾地区形成机理需补充论述。

1　研究区概况与数据来源

据统计，有清一代处于我国历史上“灾害群发期”（明清宇宙期）末段，今北京市区划内M≥3.0的地震达到66次，波及顺天府、霸州、涿州、昌平州、蓟州五大州（府）级行政单位[10]。按照清代各皇帝在位时间划分，圆明园地震所处雍正朝共发生地震31次，相较于顺治（67次）、康熙（171次）、乾隆（112次）、嘉庆（43次）、道光（64次）、咸丰（38次）、同治（20次）、光绪（62次）、宣统（1次）等朝代而言次数较少[11]；但其年均发生概率较高，为2.4次。

项目来源：国家社科基金青年项目（24CZS016）；武汉大学文化遗产智能计算实验室资助项目。
第一作者简介：申雨康（1997—），博士研究生，研究方向为历史自然地理、历史GIS等，E-mail：shenyukang97@163.com。
通信作者：郑威（1982—），教授，博士生导师，研究方向为历史时期人文地理、自然地理及历史地图等，E-mail：weizheng@whu.edu.cn。

从今地震学角度来看，圆明园地震的发生主要源自该区域内地质构造格架的基本控制。北京市位于燕山纬向构造体系与祁吕—贺兰山字型构造体系东翼构造带以及新华夏构造体系的交接处，境内还有北西向、北东向和南北向等构造体系。环文林等[4]已通过考证得出，圆明园地震极震区位于京西香山至昌平之回龙观一带，震中位于圆明园附近，受北西向构造体系控制。本文结合新近所见断裂带研究成果，整理各方向断裂格架和数字代码信息，对圆明园地震所处北京地区与极震区的断裂环境进行可视化复原（图1、图2）。

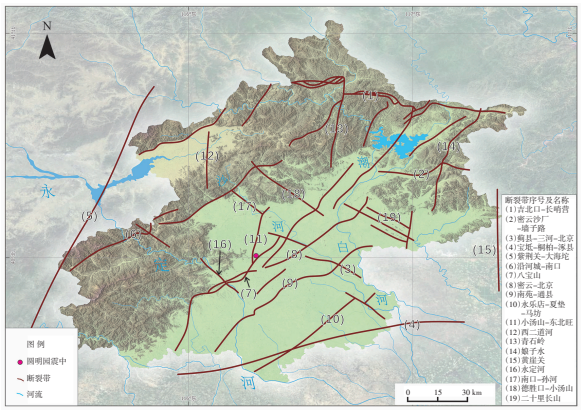


图1 北京断裂格架与圆明园震中的分布[12-14]

审图号：京S(2024)032号

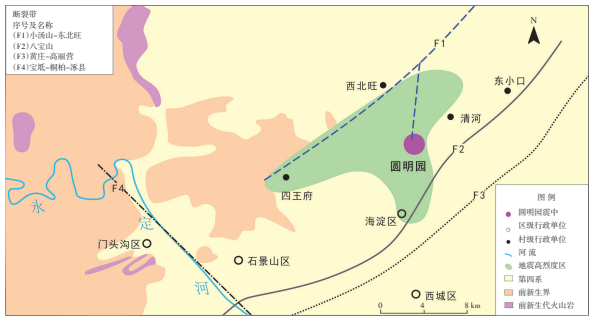


图2 圆明园震中附近地质环境（改绘）[13]

审图号：京S(2024)032号

本文采用的地震基础数据以《明清宫藏地震档案》[14]记载为主，震级、有感空间范围等地震学相关参数制定以《中国地震目录》[2]为标准，同时通过自然地貌、文人笔记等各类文献资料进行比较补充；高程数据采用ArcGIS Pro 3.0软件处理的地理空间数据云官网ASTER DEM 30 m数据，生成晕渲地貌；地名信息来自天地图官网。在空间分析方法上，将北京城分为内部（内城与外城）与外部，对地震空间分布进行大致描述；运用核密度估计法，分析有感区域的空间分布特征与规律；运用历史地理学方法，分析此次地震有感空间差异以及背后形成的机理。

2 北京城内部震灾空间

北京城内部为皇帝所在政治核心区，是宫藏档案记录的集中地带。震后当月，城内反应甚为及时。当日巳时，雍正帝第一时间下令查访北京城内外城核心区内，因震致垣舍坍塌的八旗兵丁，每旗按各自佐领人数，“著各赏银三万两”，不可拘泥于满汉人数之别，尽量做到均匀分给。第二天，“再赏每旗帑银三万两”，以表恩惠。在调查城外灾情的同时，紫禁城内务府调查木材损耗，京城附近建筑，如慈因寺、慈仁寺等寺庙多有倒塌部分，宣武门、安定门等城墙裂开等事件，也得到及时反馈。可见，北京城内部虽不在震中圆明园，但政治反应拥有空间优势，由紫禁城政治核心地位所决定。自此向外，北京内城边缘的居民街道空间记载，同样体现出对震灾的及时反应。例如，地震所经先纵波后横波的空间过程，见乾嘉时期宝坻文人刘寿眉记录：“雍正八年庚戌，先大人居京师之横街，八月十九日早餐后赴友人约，路径狭巷，觉足下登舟，摇摆不定，两壁从身后合倒，急踉跄奔出……坐地，地掀动，街市屋宇东歪西仆，方知地震”[15]。

据《北京历史地图集》（政区城市卷）[16]、2023年北京历史文化名城保护委员会办公室关于街巷胡同保护通知[17]以及大英图书馆藏乾隆十二年（1747年）北京内城地图（图3）可知，上述引文中刘寿眉所述“横街”，意为南北向分布的街道，后又名“太仓横街”（宣统年间）即今东城区东直门南小街中，北起东四十四条（船板胡同与王寡妇胡同附近）、南止东四十一条（十条胡同）街段；位于京城东北角，道路两厢定居者较多。因此，地震发生后刘寿眉第一时间发现巷子内两侧墙壁崩裂倒塌，有登船上下晃动感，后街道内房屋在地震横波影响下东西摇摆，意识到地震来临。不过，京城内部的震感与损害并不是最突出的。“近京东南正北各路，地觉微动，较京更轻，惟

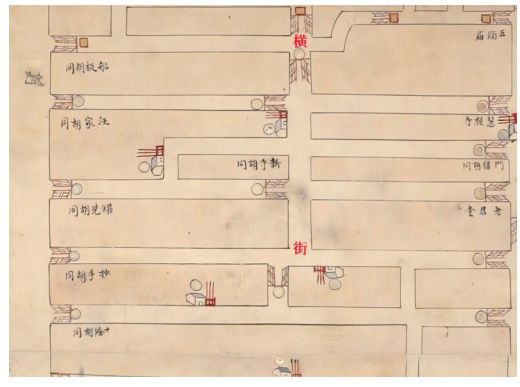


图3 1747年精绘北京图之“横街”段

西北稍重，不过百里而止。”（《清雍正实录》卷97，雍正八年八月）。京城西北的震中地圆明园灾害较重，基本判断是正确的。

3　北京城外部震灾空间

北京城外部的震灾较为严重，与雍正帝处于圆明园指挥救灾的动机密切相关。环文林等[4]的研究已证明，位于圆明园地震极震区的圆明园至玉泉山一带，是北京城外部震灾最严重的区域。当日巳时震后，雍正帝本人为了方便处理救灾事宜，降低余震的负面影响，前往圆明园后湖的船上进行指挥。“八月十九日巳时地动之时，朕正在船上，并未惊觉，见两岸墙房坍塌，方知地动。”[18]河水等液态物质不能被横波穿透，主要受纵波影响，危害较小。雍正帝所迁后湖，水面宽阔，地震横波影响较陆地更小，为适宜之选。与上述举措对应，自雍正三年（1725年）以来，京城西北郊空间内的圆明园所设八旗驻防护军营，因有特殊防卫任务，得到雍正帝的关注。最典型的是，他在向京城内八旗兵丁赏银的同时，向圆明园八旗兵丁每旗额外赏银一千两，“以为修葺屋宇之用”（《清世宗实录》卷159，雍正十三年八月）。圆明园之特殊待遇，由此可见一斑。更重要的原因在于，雍正三年以后，内务府的广储司最早开始拨付经费，成为大规模营建圆明园的开端，参与其中的兵丁自然成为京城外部的首要关注对象。

需要关注的是，清廷统计人数所集聚的政区单位在空间分布特征上的规律。地震当天救济城内外八旗士兵后，清廷继续考察城外。八月中下旬，雍正帝派时任监察御史查拉等人分五路，调研京城外的中城、北城、西城、南城与东城的灾情。二十二日，雍正帝收到城外地方各王大臣奏本：“京东、京南及东南、东北四路，地觉微动，房屋并未坍塌，人口俱各平安。惟京之西北沙河、昌平及西山相近村庄房屋倒坍甚多，人口亦有伤损……带内库银二万两速行前往……”[19]以及“（清遵化州东陵）十九日地觉微动，较他处更轻，村舍墙垣悉皆无恙，居民竟有未经知觉者”[20]。城外调查表明，京城西部、永定河北西段的沙河、昌平以及近西山地区震灾较重，其中沙河屡被提及“倒坏房屋”，似最为重视。至于遵化州东陵，因位于河北遵化境内，远离震中，震灾极轻。上述内容只是对北京城内外震灾空间差异的大体认知，精度仍然不够。

包括地震在内的地质灾害平面图，应有效展现隐患点的位置、分布范围、各要素之间的空间关系[21]。为便于观察地震档案所载其他有感区域的空间关系特征，本文统计了《中国地震目录》所见京师外部有感地震位置与坐标，将高程数据处理为上壳等值线，与地形、河流、有感区域核密度等数据进行叠加，结果见图4，可以看出，地震有感区域极广，西南至山西省晋中市和顺县，西北达山西省大同市天镇县至河北省张家口市万全区一线，东北至辽宁省葫芦岛市绥中县，东抵渤海沿岸的天津市宁河区宁河镇，东南远至黄河南岸山东省潍坊市临朐县[2]。有感数据分布政区及其占比分别为河北省69%、山东省15.2%、天津市8.6%、山西省4.2%与辽宁省2.1%，以沙河与近西山地带为最。可见，雍正帝的调查在某种程度上较客观地反映了永定河西南灾情重于城内的基本情况。

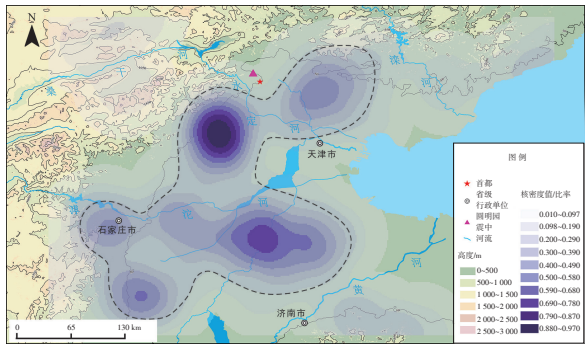


图4　圆明园地震有感数据点位核密度分析图[13]
审图号：京S(2024)032号

4　近西山地带有感集聚机理分析

从历史学角度来看，地震记载主要与雍正时期政治权力机构集中运作效率有关。圆明园震灾的确受到空前重视，但清代对地震发生原理并没有科学解释。相较于发震原因，雍正帝更倾向因天人感应原理，联系自然异象与社会紊乱等人文因素，安抚地方人心。地震一个月后，他将余震视为“地气未宁”之故，着重记录治安危机环境，如特意在上谕强调，“贸易工匠之流，将日用必需兴作必用之物，勒索高价，乘人之危，以图厚利，甚至有凶恶之徒，窥伺颓垣而入室盗取财物者”[22]。

从空间分布特征来看，有震感的地方政府，其数据密集区域大多位于河流沉积带两岸及其附近。松软的沉积层会增强地震波振幅，放大震感，甚至加重灾害；但这只能作为震感密集的普适性机理。离震中更远，位于北京城西南、大清河北支白沟河附近松散沉积带的高碑店市，数据集聚程度最高，该现象说明还需运用历史地理方法寻求深层机理。

首先，自康熙三十七年（1698年）加固永定河下游南堤岸至嘉庆六年（1801年）特大水灾前，该流域内泥沙淤决得到短暂控制，较为稳定。其次，反观永定河南的大清河水系北支，自金元以来就被北部永定河支系频繁侵占。《北京历史地图集》所绘清代永定河下游河道变迁图反映，该河于康雍时期多次改道，携带泥沙，西南最远可扫至高碑店市东缘白沟河附近[23]。同时在康熙加固永定河下游大堤前，白沟河就多次接纳北来浊流，虽分担永定河排洪压力，但该地自北而南，泥沙沉淀日久。永定河加固大堤后，上游洪水通过金门闸分洪于白沟河后入大清河北支，后者淤积加重。最后，大清河南部又疲于应对“性最善徙”的滹沱河，亦于雍正年前多次承受其携带的泥沙[24]。在淤积合力与永定河工程更受重视的背景下，大清河北支泥沙淤积愈发严重，成为被忽视的局部。又因高碑店本就处于永定河断裂与八宝山断裂交汇处，以及半湿润区拒马河冲积扇与大清河冲积扇边缘交界处，饱和砂土和粉土地层极有可能存在地震砂土液化危险[25]。因此，位于圆明园地震高烈度区南部、夹在永定河与滹沱河之间的大清河水系上游白沟河附近、松软土质极厚的河北省保定市高碑店市，成为地震波放大作用最明显的地带。其震感自然比近西山地带，位于滹沱河南支的德州市东光县、永定河下游北岸的廊坊市宝坻区等河流沉积带更强烈。

5 结 语

研究结果表明，1730年圆明园地震的灾害空间差异主要体现在城内反应较快，有感区域小，灾情轻；城外反应较慢，有感区域大，灾情重。其形成机理的关键因素为永定河水系的泥沙淤积环境。圆明园是历史文化旅游区和爱国主义教育基地，基于GIS应用，若进一步结合宫藏档案与文人笔记等史料，可以完善历史地震数据空间可视化的故事背景，为地震遗产展示、织补特色文化节点提供途径。

参考文献

[1] 李善邦. 中国地震[M]. 北京:地震出版社,2018

[2] 顾功叙. 中国地震目录(公元前1831—公元1969年)[M]. 北京:科学出版社,1983:125-126

[3] 时振梁,环文林. 1730年9月30日北京西郊地震[G]. 中国地震等烈度线图集. 北京:地震出版社,1979:10

[4] 环文林,时振梁,杨玉林. 1730年北京圆明园地震[J]. 地震研究,1996,19(3):260-266

[5] 王越. 北京历史地震资料汇编[M]. 北京:专利文献出版社,1998:141-158

[6] 汪波. 雍正八年京师大地震应急机制初探[J]. 东南学术,2009(5):173-176

[7] 高继宗. 雍正急救京城震灾[J]. 城市与减灾,2011(1):22-24

[8] 匡田. 近断层地震动作用下古建筑结构动力反应分析[D]. 天津:天津大学,2021

[9] 方喻弘,宋丽,肖潇,等. 基于文献计量的中国水利遥感研究热点分析[J]. 地理空间信息,2024,22(8):15-22

[10] 江宜,殷娜. 北京地区地震时空分布特征研究[J]. 山西地震,2021(4):1-7

[11] 袁祖亮. 中国灾害通史(清代卷)[M]. 郑州:郑州大学出版社,2009:99-126

[12] 霍亚贞. 北京自然地理[M]. 北京:北京师范学院出版社,1989:33

[13] 李文巧,王林,田勤俭,等. 北京地区活动断裂与地震图[J]. 加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设全国地震重点监视防御区公共服务试点工作通讯,2020,8(7):3

[14] 中国地震局,中国第一历史档案馆. 明清宫藏地震档案(上下册) [M]. 北京:地震出版社,2005

[15] 刘寿眉. 春泉闻见录[G]. 续修四库全书(第1177册). 上海:上海古籍出版社,1996

[16] 侯仁之. 北京历史地图集(政区城市卷)[M]. 北京:文津出版社,2013:78

[17] 北京历史文化名城保护委员会办公室关于公布首都功能核心区传统地名保护名录(街巷胡同第一批)的通知[EB/OL]. (2022-03-01) [2024-10-27]. https://ghzrzyw. beijing. gov. cn/zhengwuxinxi/tzgg/sj

[18] 云南总督鄂尔泰奏覆京城地震奉谕敬慎诚戒以召天和折[G]. 明清宫藏地震档案(上册). 北京:地震出版社,2005:82

[19] 谕内阁京城西北沙河等处震情严重著派员带银前往赈恤[G]. 明清宫藏地震档案(上册). 北京:地震出版社,2005:71

[20] 谕著晓谕诸王大臣九卿等遵化州陵寝等处地震轻微村舍墙垣悉皆无恙[G]. 明清宫藏地震档案(上册). 北京:地震出版社,2005:73

[21] 李启亮,孙永彬,王诜,等. 区域性地质灾害精细化调查关键技术智能化改进[J]. 地理空间信息,2023,21(4):16-18

[22] 雍正上谕·雍正八年九月[G]. 北京历史地震资料汇编. 北京:专利文献出版社,1998:143

[23] 侯仁之. 北京历史地图集(自然环境卷)[M]. 北京:文津出版社,2013:87

[24] 王建革. 清浊分流:环境变迁与清代大清河下游治水特点[J]. 清史研究,2001(2):33-42

[25] 刘莎莎,丰成君,谭成轩,等. 太行山东麓北拒马河冲积扇结构探测及地震砂土液化判别[J]. 地球学报,2022,43(1):82-92