

清代自然灾害所致极端人口死亡事件的识别及特征

陈思宇, 方修琦, 叶 瑜, 赵琬一

(北京师范大学地理科学学部, 北京 100875)

摘要: 大规模的人口死亡受到自然系统和社会经济系统的共同影响, 是自然灾害对人口系统造成的主要威胁之一。基于从“清代自然灾害信息集成数据库”中提取的人口死亡记录, 识别并分析了清代发生的极端人口死亡事件特征, 重建了清代极端人口死亡强度、年次及省次的10 a序列, 并分析其空间分布和发生原因。结论表明: ① 清代共有91年发生过极端人口死亡事件, 平均约每3 a发生一次。极端人口死亡事件发生的频率和强度存在一定的阶段性变化, 1644年—18世纪20年代为与清代总体平均值接近的阶段, 18世纪30年代—19世纪初是清代极端人口死亡事件发生频率和强度均最低的时期, 19世纪10年代—1911年为事件发生的稳定高值期。② 清代共有18个省级政区发生过极端人口死亡事件, 1644年—18世纪20年代极端事件分布较广但主要为较低强度的事件, 18世纪30年代—19世纪初极端事件的分布范围最小, 19世纪10年代—1911年事件分布广、强度高, 致死因子出现明显的南涝北旱分异。③ 疫病、饥荒和洪涝在各阶段均是造成极端人口死亡事件的主要因子, 干旱、雨水和风暴潮则是主要的间接致死因子。

关键词: 清代; 历史灾害; 人口死亡; 时空特征

DOI: 10.11821/dlxb202305002

1 引言

在一些极端天气、气候或环境事件中, 自然资源或环境的短时间变化超过人类社会承受阈值, 从而导致自然灾害事件的发生。而在快速的全球变化下(自然和人文两方面), 重大自然灾害事件一直都是威胁人类社会生存和发展的主要风险源之一。自然灾害事件对生产^[1]、人口^[2-4]、经济^[5-7]、社会^[8-9]等子系统造成的直接或间接的影响已得到了广泛的关注。而人口死亡是人口系统受到影响的最直接体现, 一直以来都是评价灾害影响、进行灾度计算的重要指标之一, 巨灾的识别也常以人口死亡数量为标准^[10-11]。

自古以来, 自然灾害是影响中国人口数量的重要的因素, 因造成大规模人口死亡灾害事件而备受关注, 已有大量案例研究^[12-16]。而针对人口损失的长时间尺度研究则有助于探究此类灾害事件在时间上的变化。如陈玉琼等利用各种灾荒年表和目录, 对历史上死亡万人以上的气候灾害的时间分布和重复率进行研究^[17]。刘毅等结合正史典籍和相关研究成果, 分析了历史上死亡万人以上的重大自然灾害的发生频次、人口损失的空间格局

收稿日期: 2022-02-16; 修订日期: 2023-02-22

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(20XNL011); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA19040101)
[Foundation: Fundamental Research Funds for the Central Universities, No.20XNL011; Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences, No.XDA19040101]

作者简介: 陈思宇(1998-), 女, 重庆人, 硕士生, 主要从事历史气候变化及历史灾害研究。

E-mail: sijuchen@mail.bnu.edu.cn

通讯作者: 方修琦(1962-), 男, 吉林前郭人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事历史气候变化及历史灾害研究。

E-mail: xfang@bnu.edu.cn

以及灾害结构^[18]。刘静等结合古文献数据库检索和灾害史料,分析历史上“死者万计”事件的时空分布、演化规律、发生原因等特征^[19]。王洋等针对明代华北地区的大规模人口死亡事件进行研究,并通过与气候序列作对比讨论其与气候变化的关系^[20]。

清代处于气候寒冷的小冰期内,经历了气候由冷转暖再转冷的过程^[21],旱涝、疫病等自然灾害发生频率高、程度重。如1876—1879年间史称“丁戊奇荒”的极端干旱事件为近代十大灾荒之一,损失人口数量达到千万级,对人口系统造成深远影响^[16]。同时,清代也留下了数量庞大、种类丰富的灾害史料宝库。

从已有研究来看,目前对历史极端人口死亡事件的研究,所用资料为基本古籍和后人整编资料、年表兼有,主要以万人以上死亡为标准,利用的是历史文献中直接记载死亡人口过万的记录。本文基于中国人民大学清史研究所建立的“清代自然灾害信息集成数据库”^[22],覆盖了多个层次、多种来源的历史文献,采用计算机自动筛选结合人工判别的方法筛选记录;根据历史记录中不同级别行政单元上的人口死亡数量,综合利用人口死亡数量的记录和人口死亡比例的记录,以人口死亡数量在县级单元上达到万数量级、或在省府级单元上达到10万数量级为标准,识别清代268 a间的极端人口死亡事件,重建人口死亡强度序列,分析极端人口死亡事件的时空分布。在人口死亡的原因分析上,本文建立了算法来判断自然灾害影响传递过程中,不同因子对人口死亡的作用值大小以及各因子间的关联性大小,对识别灾害影响传递的关键节点,阻断或抑制灾害链从而建立自然灾害韧性社会有一定参考意义^[23]。

2 资料与方法

2.1 资料来源及记录处理

本文所用历史灾害记录均来源于“清代自然灾害信息集成数据库”,数据库同时收录了水旱、地震、疫病、风暴潮等多种灾害类型的自然过程和社会经济影响的记录,目前覆盖了正史、实录、档案、方志、报刊和碑刻6种主要的史料源,在资料层次上涵盖了地方、社会到中央3个层次^[22, 24]。其中,方志记录约占60%;报刊记录主要来自近代发行时间最久、社会影响广泛的《申报》,占10%~20%;实录记录来自《清实录》,占10%~20%;余下小部分为正史(《清史稿》)、档案和碑刻记录。通过“死、毙、尸、骸”等多个关键词在数据库中进行初次检索,并将检索结果进行去重。通过自动判别去重后的记录,筛选得到与人口死亡相关的记录。为了验证自动判别的有效性,对数据库中的记录进行抽样和人工判断,结果表明自动判别可以筛选出实际的人口死亡记录中90%的记录。而在抽样和人工判断中发现的漏筛的人口死亡记录,没有表现出在时间或空间上的分布规律,并且均不是造成万人以上人口死亡的事件记录,因此对于总体研究结果没有大的影响。

数据库中的记录已将历史纪年转换为公元纪年,由于农历年一般会对应到两个公元年上,在进行事件的识别与分析时,仅保留其对应的主要公元年份作为有效年份。如“光绪三年,旱”,将年份记为1877年。记录中的空间信息已参照牛平汉的《清代政区沿革综表》转换为宣统三年(1911年)的标准政区^[25]。

2.2 极端人口死亡事件的识别

已有研究通常以人口死亡超过万作为巨灾的判断标准,而许多历史资料仅记录在一定行政单元上人口死亡的数量级,如“死者万计”。结合现行常用标准与灾害史料记录的特点,本文以在县域单元上达到万人以上死亡作为极端人口死亡事件的主要识别标准,

这类极端事件在人口死亡总数量和强度上都高于巨灾的标准。由于少量事件仅有省府尺度的记录,而缺少县级记录,因此对于这类记录以人口死亡超过10万数量级作为补充标准,其在强度上接近于县尺度的万人以上人口死亡记录。对于兵灾事件(战争、民变、盗匪等),需要对兵灾事件的性质进行判断,仅识别出与自然灾害相关的事件,例如兵一疫灾害链中的兵灾、由灾荒引起的兵灾,而不包括与自然灾害无直接关联的兵灾事件。

2.2.1 单条记录中人口死亡数量的表述及判断 历史记录对死亡人口数量的表述方式不尽相同;除去一些数量信息不明确的记录,如“一应伤毙人口,加以抚恤”这类表述外,历史记录中记载人口死亡数量的信息可分为数量型、比例型和语义型3种类型(表1)。

表1 历史文献中不同类型人口死亡数量信息的关键词及示例
Tab. 1 Keywords and examples of information on population deaths in historical documents

类型	关键词	示例
数量型	十、百、千、万、十万、百万	“淹死万七千余人”
比例型	十之一二、十之八九、十死一二等	“人死十分之七”“死亡过半”
语义型	少、不少、多、甚多、载道、遍野、不可计数、不可胜计等	“间有溺毙人口”“尸横遍野”“死者不可计数”

其中,数量型的记录可分为十、百、千、万、十万等多个数量级。比例型的记录通常以10作为分母,如将出现“十死其一”的记录判定为死亡人口比例为1/10,若原文中的比例为一个概数,如“十损六七”则将其死亡人口比例判定为6.5/10,“半”“将半”等判定为5/10,“死亡大半”判定为8/10,“十不存一”“殆尽”等判定为9/10。

在极端人口死亡事件的识别过程中,仅选取数量型和比例型的记录。对于数量型记录,筛选出死亡人口数量级在万以上的县级记录,或在十万以上的省、府级记录。对于比例型记录,筛选出县以及县以上的记录,根据《中国人口史》中的清代人口数量进行折算^[26]。对于1776年及以后的记录,《中国人口史》重建了1776年、1820年、1851年、1880年和1910年共6个关键年份的分府人口数量;对于1776年以前的记录,由于缺少分府或分省的人口数,则根据全国人口数量的增长率,以1776年为起点进行线性插值,补充1644年和1679年的分府人口数量,根据清代中期各府的县数计算以上8个关键年份的县均人口数量。

根据记录中的地点和年份,基于其前后关键年份的县均人口数量进行线性插值,并按照记录中人口死亡的比例值进行折算,筛选出折算结果满足标准的记录。其中1851—1880年,部分省在重大自然灾害中的人口损失过重,人口出现负增长,不符合人口自然增长的规律;因此假设人口自然增长率不变,将1851—1880年间每年的人口数量按照1820—1851年的人口增长率进行插值。若记录中出现“城内”等表示城市人口的关键词,则按照《中国人口史》中的分省城市人口比例先将县均人口数量折算为县城人口数量,再进行以上步骤。若同一事件同时有数量型记录和比例型记录,则以数量型记录中的人口死亡数量为准。

2.2.2 对特殊表述的人口死亡记录的处理 历史记录中对人口死亡数量有几种特殊的表述方式:原记录中有人口死亡与流出的总数量而缺少单独的人口死亡数量,如“死徙过半”。参考典型历史记录的描述,将人口死亡数量按照死亡与流出总数量的1/7进行折算^①。原记录为洪涝灾害,仅记录了被洪水冲走、卷走的人口数量,如“漂没人口”“冲

① 参考对山东1876年旱灾的记录:“……投奔他乡者已有三百万人,济南一郡饿死者一万五千人,若以全省计之,当不下五十万人死亡之数……”。出自《记英人论去岁灾事》,见1877年5月2日《申报》第1版。

走人口”等,没有直接记录死亡人口的数量。参考河南省驻马店的“75·8”大水的记录,将死亡人口按照漂没人口的20%进行估算^[27]。原记录中表述为“数万”的,按照5万进行估算。对于连续多年事件的记录,将记录的总死亡人口平均到每一年上,再根据标准进行判别。

2.2.3 极端人口死亡事件的数量级判断 以同一年、同一省级政区发生的人口死亡作为一次事件,将筛选后的记录按照年份和省进行合并,将单条记录中的人口死亡数量进行加和,估算各年各省的人口死亡数量级(P),分为4(万)、5(十万)、6(百万)3个级别,以表示人口死亡强度的大小。

2.3 极端人口死亡事件的时空分布分析

2.3.1 事件的时间分布特征分析 在一些连年的事件中,对人口死亡的记录可能是过去连续几年的累计值。因此在分析时间分布特征时,以年代作为基本尺度进行分析,以此将对单次事件的年份判断中的可能误差控制在年代内部。建立年次和省次的10 a序列,其中多次出现的省级政区仅计一次,并根据各年各省的人口死亡数量级别建立年均人口死亡数量级的10 a序列,公式如下:

$$P = \lg \frac{1}{10} \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^p 10^{p_{ij}} \quad (1)$$

式中:P为年均人口死亡数量级;c为第i年有极端事件发生的省级政区个数; p_{ij} 为第i年第j个省的人口死亡数量级。

计算清代人口死亡数量级、省次和年次序列的平均值,并分阶段进行均值计算。在省次和年次的均值计算中,由于20世纪10年代仅有1910年和1911年,因此不计入均值计算。

2.3.2 事件的空间分布特征分析 分别统计清代各省发生极端人口死亡事件的年次,分析省级尺度上极端人口死亡事件分布的差异。分阶段统计不同数量级、不同灾害类型事件的县级分布(以最主要的灾害类型为准),绘制灾害图谱分析其空间特征。其中若仅有府级的记录,则将该府所有县作为万数量级进行统计;若仅有省级记录,则将当年该省的严重受灾县作为万数量级的县。

2.4 极端人口死亡事件的原因分析

自然灾害的影响由资源与环境系统产生,经由生产、设施等子系统传递至人口子系统,若超过人口子系统阈值则会引起大规模的人口死亡;在此过程中会经过若干个中间因子对灾害影响起到放大或抑制作用,因此不仅需要判断灾害类型,对具体导致人口死亡的因子也需要给予关注。根据人口死亡记录判断该次事件中人口死亡的直接因子和间接因子(表2)。判断的原则是以记录的含义为准,基于记录的描述找出人口死亡的各直接和间接因子,并结合记录的描述和经验知识判断各因子在导致人口死亡的传递路径中所处层级,其中最直接导致人口死亡的因子作用层级为1,间接因子依次递增,据此统计每个层级的因子的个数用于作用值的计算。如果人口死亡记录对于导致死亡的原因有完整说明,则以该条记录为准;若记录中表述缺失或不完整,例如仅提及饥荒导致人口死亡,但未说明导致饥荒的原因,则在数据库中检索同时、同地域的灾害记录进行补充。若对于同一次事件有多条记录,则需要综合考虑多条记录中出现的所有与人口死亡相关的因子,对重复出现的因子进行归并。

对所有事件中导致人口死亡的直接或间接因子进行判断,根据不同事件的人口死亡数量级、各因子的作用层级以及因子数量,计算整个清代所有严重人口死亡事件中各因子的作用值,公式如下:

表2 直接和间接因子示例
Tab. 2 Examples of direct and indirect factors

记录情况	历史记录原文	直接因子	第一间接因子	第二间接因子
单条记录	“辛巳，邑民半罹水死。”	$n = 1, x = 1$ (洪涝)	-	-
多条记录	“康熙三十年大旱，飞蝗蔽天，民饥死者大半。”	$n = 1, x = 1$ (饥荒)	$n = 2, x = 2$ (干旱、蝗虫)	-
原因缺失记录	“岁道光己酉，邑大饥，城内外偃仆者，日数十人，谷一石值二金有奇……是岁人民大抵十损三四……” 补充同年同地记录：“道光二十九年，雨潦，斗米千钱，民无所得，食至殍泥……”	$n = 1, x = 1$ (饥荒)	$n = 1, x = 2$ (洪涝)	$n = 1, x = 3$ (雨水)

$$f_N = \sum_{i=1}^{268} \sum_{j=1}^c \left(\frac{1}{2}\right)^{(x-1)} \frac{p_{ij}}{n_{ij}} \tag{2}$$

式中： f_N 为各因子的作用值； x 为因子导致人口死亡的层级数，以直接致死因子的层级数为1，例如在旱灾中，若直接致死因子为饥荒，则饥荒的层级数 $x = 1$ ，则旱灾的层级数 $x = 2$ ； c 表示第*i*年出现严重人口死亡的省次； n_{ij} 为第*i*年第*j*个省同一层级中致死因子的个数； p_{ij} 为第*i*年第*j*个省的人口死亡数量级。

由于各 f_N 值之间相差较大，因此将 f_N 值进行归一化处理为相对作用值 f_N ，公式如下：

$$F_N = \frac{\ln f_N}{\max(\ln f_N)} \tag{3}$$

为了讨论各因子之间的关系，首先根据记录含义和经验知识建立各因子之间的传递关系，然后计算各因子间的关联性大小，公式如下：

$$R_{A-B} = \frac{n_{(A\&B)}}{N} \tag{4}$$

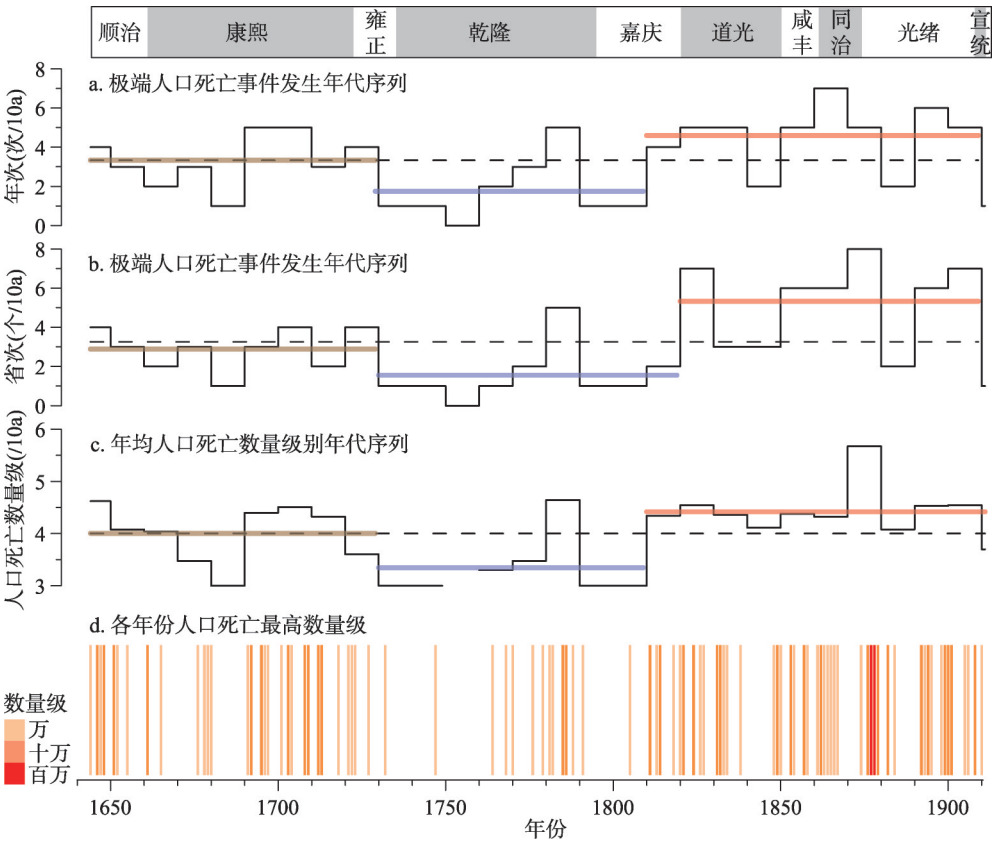
式中： R_{A-B} 为因子*A*与因子*B*之间的关联性大小； N 为清代发生的总的事件次数，一年一省计为1次事件； $n_{(A\&B)}$ 表示因子*A*和因子*B*同时出现的事件次数。

3 极端人口死亡事件的识别与分析

3.1 极端人口死亡事件的时间分布特征

根据上述标准，识别出清代的268 a间共有91 a发生了极端人口死亡事件，约为3 a一遇。清代整体的极端人口死亡事件发生的省次均值约为3次，即平均每10 a内有3个省级政区发生极端人口死亡事件；年均人口死亡数量级为4左右，表明平均每年的极端事件死亡人口在万数量级。极端事件发生的省次、年次以及年均人口死亡数量级呈现相似的阶段性特点，整个清代可以分为前、中、后3个阶段，其中18世纪20—30年代和19世纪初—10年代为显著转折时期（图1）。

I阶段：1644年—18世纪20年代（顺—康—雍三朝）期间，极端事件发生的省次、年次以及人口死亡数量级均与整个清代的均值相近，其内部又可分为清初的下降期和康熙中后期的相对高值期。清初多地战乱未平，以及干旱导致的饥荒和疫病同时并发，人口死亡数量级较高，其中1644—1649年间年均人口死亡数量级达到万。17世纪50年代以后，人口死亡事件逐渐减少，在17世纪80年代达到I阶段的最低值，10 a间仅有1年、1省发生严重的人口死亡。随后进入17世纪90年代—18世纪20年代的相对高值期，其中



注：图a~c中黑色实线为10 a尺度序列,黑色虚线为整个清代的均值,彩色短线为3个阶段各自均值。

图1 清代极端人口死亡事件的时间分布

Fig. 1 Temporal distribution of extreme events with mass deaths in the Qing Dynasty

18世纪20年代极端事件发生的省次和年次均高于整体平均值，但由于各事件的人口死亡数量级都较低，因此其年均人口死亡数量级低于整体均值。

II阶段：18世纪30年代—19世纪初（乾隆—嘉庆前期）为清代的极端事件较稳定的低发期，其年次和省次的均值都低于清代的整体均值，平均每10 a发生极端事件的不到两年和两个省次。在18世纪50年代间没有极端事件发生，且内部变化较小，仅18世纪80年代高于清代整体均值，其发生年次和省次均为5左右，年均死亡数量级达到万。

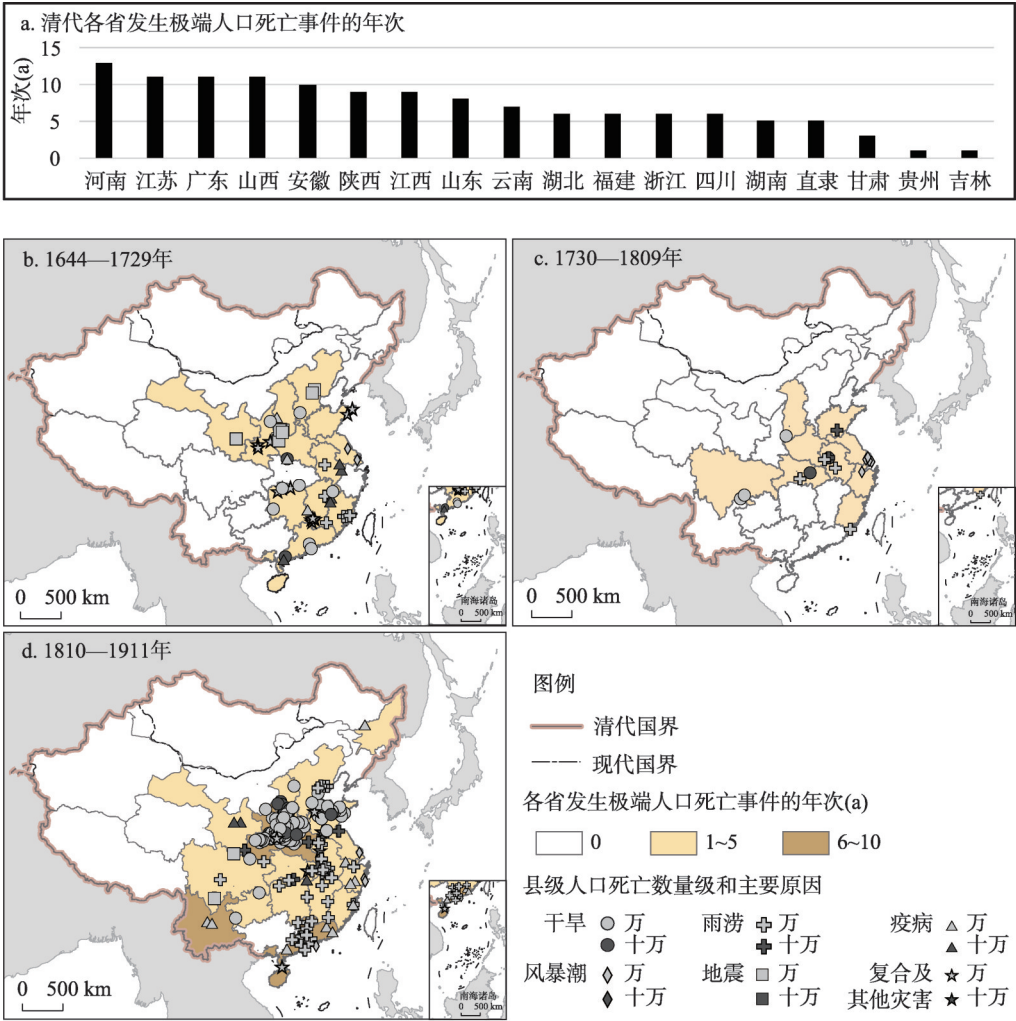
III阶段：19世纪10年代—1911年（嘉庆后期—清末）为清代后期的极端事件高发期，期间各年代的年次和省次都高于或接近于清代的整体均值，平均每10 a有5个省级行政区发生极端事件，年次也近5 a，接近I、II阶段中出现的最高值，标志着进入了一个与I、II阶段截然不同的高值期。期间19世纪40年代和19世纪80年代为阶段内部的低值期，发生省次与I阶段的均值相近，年次与II阶段的均值相近，但年均人口死亡数量级仍达到万。19世纪70年代期间极端事件发生的年次、省次和数量级均是III阶段也是整个清代的最高值，其中“丁戊奇荒”的连年多省受灾是形成最高值的主要原因。

从极端人口死亡事件发生频次和强度的时间变化上看，出现了18世纪20年代—30年代和19世纪初—10年代两个关键转折时期，分别对应于雍正和嘉庆时期，也分别是清朝国力由弱转强、又由盛转衰的转折点。清代前期频繁发生的战乱是第I阶段出现较高值

的重要原因，而在乾隆时期以及嘉庆前期出现了稳定的低发期，期间是清朝国家财政和经济的繁荣期。而在第Ⅱ阶段转向第Ⅲ阶段的过程中，除了有18—19世纪之交的气候转冷的可能原因外^[28-29]，人口快速增长与耕地扩张减缓导致的尖锐的人地矛盾，国家财政能力和政府赈济能力的下降都可能是重要原因^[30-31]。

3.2 极端人口死亡事件的空间分布特征

清代共有18个省级政区发生过极端人口死亡事件（图2a），总体表现为南方多于北方，东部多于西部，而黑龙江、奉天、青海、新疆、西藏等地没有极端人口死亡事件发生，其原因可能是由于这些地区地处边疆、人口相对稀少且可能缺少相应的历史记录，而不一定完全是没有极端事件发生。统计各省发生极端事件的年次，结果表明整个清代各省发生的年次均不超过15 a，其中河南、江苏、广东和山西几省的年次超过10 a。



注：基于谭其骧《中国历史地图集》中的清时期全图二（1908年）^[32]绘制，底图边界无修改；县级政区空间数据来自中国历史地理信息系统 CHGIS V6 数据集集中的1911年断面^[33]。

图2 清代自然灾害极端人口死亡事件的空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of extreme events with mass deaths in the Qing Dynasty

3个阶段的灾害图谱表明极端事件的县级分布也有显著差异(图2)。1644—1729年期间有12个省级行政区发生过极端人口死亡事件,在南北地区均有分布,北方地区主要为干旱和地震,包括1691—1692年山陕地区的旱蝗灾害,以及1695年山西省发生的大地震。南方地区则主要为清初湘赣两省的兵灾与干旱的复合从而引发的饥荒和疫病,洪涝、疫病和风暴潮造成的人口死亡事件在多省也有分布。此阶段极端事件分布较广,但以万数量级的事件为主,十万数量级的事件较少。1730—1809年期间有9个省级行政区发生过极端人口死亡事件,各省发生年次均未超过5 a。期间发生的极端人口死亡事件除河南、湖北和山西等省发生的旱涝灾害外,以江浙沿海地带的风暴潮事件最多。

1810—1911年为极端人口死亡事件分布最广的阶段,有18个省级行政区发生过极端事件,且有4个省级行政区发生的年次超过5 a。期间极端事件在华北地区分布最为集中,主要包括1876—1879年间的多省连旱,以及1899—1901年间的陕西省连旱。在华东、华中和华南的多省有洪涝引发的极端事件的集中分布,此外江苏、福建、广东、云南多省有疫病事件的连续分布。

3.3 极端人口死亡事件的原因分析

统计各致死因子随时间的变化和归一化后相对作用值,结果表明极端人口死亡事件与旱涝、疫病、饥荒、风暴潮、雨水、兵灾、地震等10多个因子相关(图3)。

疫病、饥荒、洪涝是主要的直接致死因子,在灾害影响的传递中这3个因子对人口死亡起到的作用最大;在实际的防灾减灾工作中,如果能够对疫病、饥荒和洪涝3个因子进行干预以达到较好的控制,则可以大大减少人口死亡数量。从灾害分类上看,干旱和洪涝是主要导致人口死亡的自然灾害类型;从直接导致人口死亡的因子上看,减少旱

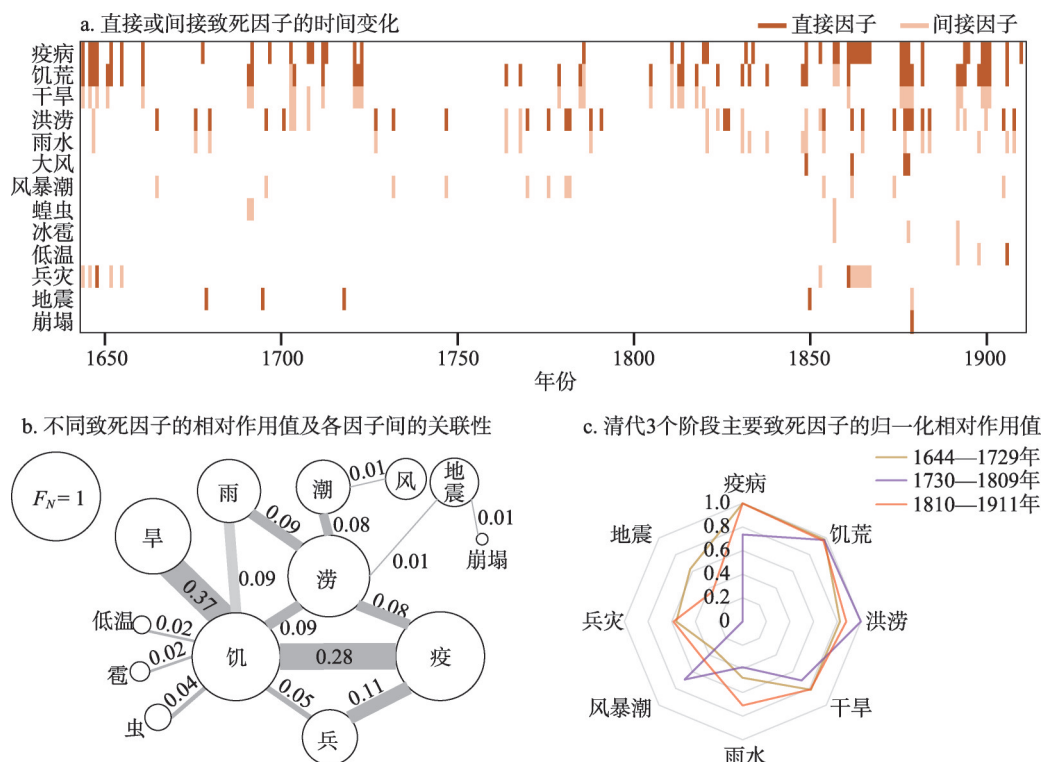


图3 清代极端人口死亡事件中的不同致死因子

Fig. 3 Different factors involved in extreme events with mass deaths in the Qing Dynasty

灾中人口损失的关键在于备荒防疫,而对于涝灾而言关键则在于减少洪涝中被淹没的人口。干旱、雨水、风暴潮是主要的间接致死因子,尽管它们并不直接导致人口死亡,但仍可能通过饥荒、疫病等直接因子导致人口死亡;对于间接因子较难进行直接干预,但通过预测、防范等措施可以为后续环节的控制做好准备。大部分致死因子如饥荒、疫病、干旱等的发生频率在清代的前中后期都呈现高一低一高的阶段性特征,而雨涝在前期和中期的差异不大,但清后期则显著高于前两个时期。

疫病为第一致死因子,其原因除了疫病本身致死率高、持续时间长、传播范围广以外,还在于疫病是多种灾害的伴生灾害。“大灾之后,必有大疫”,如兵一疫、涝一疫是常见的灾害链,中国历史上疫病的发生在时间和空间上都与其他灾害有一定相关关系,只有少数是由病原体直接引发^[34]。且发生饥荒时引起的人口健康水平下降或人口死亡也容易引起疫病的发生,从而在疫病—人口死亡之间形成一种正反馈,直至人口大量死亡或流出。饥荒的作用值仅次于疫病,主要由干旱或洪涝引发,此外蝗灾、低温、冰雹等多种灾害也会引发饥荒。再次是洪涝,主要由大雨或风暴潮引起,也有少数是由地震和崩塌事件堵塞河流引起。洪涝既作为直接致死因子,即直接淹没人口导致死亡,也作为间接致死因子,与饥荒、疫病都联系紧密。第四因子为干旱,其仅作为间接致死因子,主要通过饥荒导致人口死亡。在众多导致人口死亡的因子中,干旱、饥荒和疫病是联系最为紧密的几个因子,并组成了“干旱→饥荒+疫病→人口死亡”这条最为主要的传递路径,此外还存在“低温/冰雹/蝗虫/雨水/洪涝→饥荒→人口死亡”几条出现较少的路径,其中饥荒均是最为关键的节点。而洪涝与饥荒的总体作用值相近,其中“洪涝→人口死亡”是最主要的传递路径,其他如“雨水→洪涝→人口死亡”或“洪涝→疫病→人口死亡”出现相对较少,因此洪涝虽然与雨水、风暴潮、地震、疫病等因子都存在一定的关联,但其本身就是最关键的节点。

而在清代的3个阶段中,饥荒、洪涝和疫病的作用值都高于其他因子。其中,疫病在1644—1729年间和1810—1911年间的作用值均最高,干旱在3个阶段的作用值相近,雨水在1810—1911年间作用突出,而洪涝和风暴潮在1730—1809年间作用更为突出。

4 讨论

4.1 万数量级以下及定性记录对结果的影响

本文以县域单元上达到万人、省府级尺度上达到十万人口死亡为标准,对极端人口死亡事件进行识别。而一些未达到标准的记录,如在县级尺度上不足万人死亡,或仅在省府级别上达到万人死亡的记录,以及一些定性记录都未被纳入分析。1856年未被识别为极端人口死亡事件发生的年份,处于极端事件发生的Ⅲ阶段,记录数量也相对充足。因此选取该年来讨论这部分记录对人口死亡数量级估算结果的影响。统计各省不同人口死亡数量级的县次(表3),以及人口死亡总数量,将定性记录的人口死亡均作为百数量级处理。

1856年没有万以上数量级人口死亡的记录,定量记录均为千及千以下的数量级,以及部分定性记录。统计结果表明,广西省有6个县达到千数量级的人口死亡,13个县达到百数量级,整体人口死亡数量为万余(表3)。贵州省有1县达到千人以上死亡,2个县达到百人以上,整体人口死亡数量仍在千数量级。其余各省人口死亡均不足万人,共有31个州县的人口死亡在百及百数量级以下。而估算的19世纪50年代的年均人口死亡为

表3 1856年各省份发生不同人口死亡数量级事件的县次

Tab. 3 Number of counties with events with different magnitudes of population deaths in 1856

省份	灾害类型	县次	
		≥1000	< 1000
广西省	兵灾	6	13
贵州省	兵灾	1	2
湖北省	干旱、地震	0	8
江苏省	干旱、虫灾、疫病、兵灾	0	5
福建省	洪涝	0	3
广东省	洪涝、低温	0	3
安徽省	干旱	0	2
山东省	干旱	0	2
河南省	干旱、虫灾	0	2
四川省	冰雪	0	2
山西省	洪涝	0	1
奉天省	洪涝	0	1
浙江省	兵灾	0	1
江西省	动物灾害	0	1

万数量级，因此1856年的人口死亡数量虽然未计入其中，但对该10 a的年均人口死亡数量级影响不大。

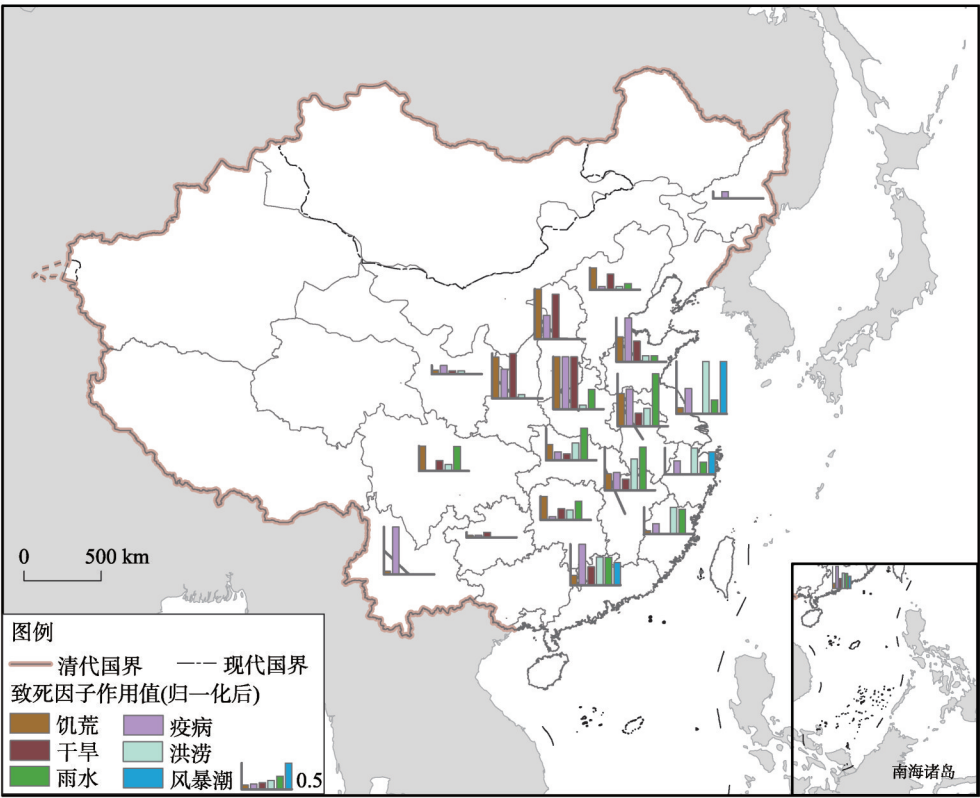
极端人口死亡事件基本遵循程度越严重的州县数量越少的规律，一般情况下，事件中心的严重程度越高，事件的影响范围相应越大。若一省中最严重的州县人口死亡在千数量级，除了可能有部分地区灾害记录缺失外，其一省的总体人口死亡数量一般难以达到10万数量级，因此对本文的结论不会产生很大影响。而在省府尺度上达到万数量级的一类记录与之含义相似，若是识别更低强度的人口死亡事件，如在省级尺度上达到万人死亡的事件，则需要将这两类记录都纳入统计中，否则会对结果造成较大影响。

4.2 各省级政区人口死亡原因的讨论

对导致人口死亡的原因进行分析后，发现饥荒和疫病是最主要的致死因子；其次是洪涝，其既是直接致死因子也是间接致死因子；再次是干旱、雨水和风暴潮3个间接致死因子。为了进一步讨论不同省级政区人口死亡的主要原因，选取上述6种主要致死因子进行分析。首先按照省级政区将各因子清代所有年份的作用值进行加和，然后以每种因子作用值的最大值分别进行归一化，分析主要致死因子作用值的空间特征（图4）。

在发生过极端人口死亡事件的各省之中，饥荒在河南和山西的作用值最高，其次是陕西、安徽、山东和四川，大部分都是垦殖率较高的地区^[35]，因此导致承灾体的暴露度更高，而在云贵和东南各省作用值较低。疫病在河南的作用值同样最高，其次是云南、山东、广东和安徽各省。其中河南、陕西和安徽省的饥荒和疫病在各省中所处的水平相似，具有较高的伴生性，疫病很大可能是由于饥荒中的人口健康水平降低和人口死亡而产生。直隶、湖北和四川疫病的作用值显著低于饥荒，疫病的发生受到了一定抑制。云南仅有疫病的作用值十分突出，疫病的发生更多与自然环境和战乱有关。广东省与云南省相似，疫病的作用值要显著高于饥荒。

干旱和洪涝两种间接因子的作用值表现出显著的南涝北旱格局。在北方地区的直隶、山西、河南、山东和陕西5个省份中，干旱因子的作用要远高于洪涝；而在其以南



注：基于谭其骧《中国历史地图集》中的清时期全图二(1908年)^[32]制作,底图边界无修改;
县级政区空间数据来自中国历史地理信息系统 CHGIS V6数据集中的1911年断面^[33]。

图4 各致死因子归一化作用值的空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of the contributions of the normalized main factors to extreme events with mass deaths

的江苏、浙江、湖北、江西、福建和广东各省份中,洪涝的作用值远高于或略高于干旱。再进一步探寻洪涝的原因,发现内陆与沿海地区也存在显著差异;江苏、浙江和广东省的风暴潮作用较为明显,而四川、湖北、湖南、安徽等内陆省则主要由雨水引起。

5 结论

以“清代自然灾害信息集成数据库”为资料来源,参考现代对巨灾中人口死亡的定义,以在县域尺度上达到万人死亡为主要标准,识别出清代的极端人口死亡事件,并对极端事件的时空特征和原因进行分析。结果表明:

- (1) 极端人口死亡事件的时间特征。清代共有 91 a 发生过极端人口死亡事件,平均每 10 a 约有 3 a 和 3 个省发生,年均人口死亡数量级为万数量级,发生频率呈现出“较多—少—多”3 个阶段的变化。1644 年—18 世纪 20 年代期间的极端事件发生特征与清代整体均值相近。18 世纪 30 年代—19 世纪初为较稳定的低发期,每 10 a 约有 2 a 和 2 个省发生极端事件,年均人口死亡数量级约为千数量级。19 世纪 10 年代—1911 年为极端事件高发期,每 10 a 约有 5 a 和 5 个省发生,年均人口死亡数量级超过万数量级。
- (2) 极端人口死亡事件的空间特征。清代共有 18 个省级政区发生过极端人口死亡事件,3 个阶段的空间分布呈现出不同的特征。1644 年—18 世纪 20 年代期间,极端事件在

北方地区以地震和干旱为主,在南方则以干旱和疫病和雨涝为主。18世纪30年代—19世纪初极端事件分布范围最小,有9个省级政区发生,且分布较为分散,在江浙沿海地区有较多的风暴潮事件集中发生。19世纪10年代—1911年极端事件分布最广且强度最大,北方主要为干旱事件的集中分布,南方多省有洪涝事件和疫病的分布。

(3) 导致极端人口死亡的主要因子。造成极端人口死亡事件的因子共有13个且相互之间有所关联。其中疫病、饥荒和洪涝在3个阶段都是相对作用值较大的主要致死因子,干旱、雨水和风暴潮则是主要的间接致死因子,18世纪30年代—19世纪初期间的洪涝以风暴潮引起为主,而在19世纪10年代—1911年间则以雨水引起为主。

参考文献(References)

- [1] Zhao Yinghui, Guo Jingpeng, Mao Kebiao, et al. Spatio-temporal distribution of typical natural disasters and grain disaster losses in China from 1949 to 2015. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(7): 1261-1276. [赵映慧, 郭晶鹏, 毛克彪, 等. 1949—2015年中国典型自然灾害及粮食灾损特征. *地理学报*, 2017, 72(7): 1261-1276.]
- [2] Pei Q. Migration for survival under natural disasters: A reluctant and passive choice for agriculturalists in historical China. *Science China Earth Sciences*, 2017, 60(12): 2089-2096.
- [3] Gray C L, Mueller V. Natural disasters and population mobility in Bangladesh. *PNAS*, 2012, 109(16): 6000-6005.
- [4] Zhao Yulian, Yin Shuyan, Liu Jing, et al. Temporal and spatial distribution and disaster chain of epidemics that caused massive death in Ming and Qing dynasties. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2021, 35(2): 73-80. [赵宇莲, 殷淑燕, 刘静, 等. 明清时期导致人口大量死亡的疫灾时空分布及灾害链研究. *干旱区资源与环境*, 2021, 35(2): 73-80.]
- [5] Xie Meie. Natural disasters, harvests and changes in rice prices in Taiwan during the Qing Dynasty (1738-1850). *Researches in Chinese Economic History*, 2010(4): 110-127. [谢美娥. 自然灾害、生产收成与清代台湾米价的变动(1738—1850). *中国经济史研究*, 2010(4): 110-127.]
- [6] Wen Yanjun, Fang Xiuqi, Liu Yang, et al. Rising grain prices in response to phased climate change during 1736-1850 in the North China Plain. *Science China Earth Sciences*, 2020, 50(1): 122-133. [文彦君, 方修琦, 刘洋, 等. 18—19世纪之交华北平原的气候变化与粮价异常. *中国科学: 地球科学*, 2020, 50(1): 122-133.]
- [7] Meng Y C, Wang Z, Wu J D, et al. Global economic impacts of large-scale disasters: Case study of the Great East Japan Earthquake. *Journal of Natural Disasters*, 2015, 24(6): 1-8.
- [8] Huang Guanxia, Wen Simei. Natural disasters, population pressure and peasant uprisings in the Qing Dynasty. *Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition)*, 2018, 17(5): 126-140. [黄冠佳, 温思美. 自然灾害、人口压力与清代农民起义. *华南农业大学学报(社会科学版)*, 2018, 17(5): 126-140.]
- [9] Zheng J Y, Xiao L B, Fang X Q, et al. How climate change impacted the collapse of the Ming Dynasty. *Climatic Change*, 2014, 127(2): 169-182.
- [10] Gao Jianguo. The evolution of catastrophes in China and the warning. *Disaster Reduction in China*, 2008(6): 33. [高建国. 中国巨灾的演变及警示. *中国减灾*, 2008(6): 33.]
- [11] Zhang Weixing, Shi Peijun, Zhou Hongjian. Study on definition and division criteria of a large-scale disaster: Analysis of typical disasters in the world in recent years. *Journal of Catastrophology*, 2013, 28(1): 15-22. [张卫星, 史培军, 周洪建. 巨灾定义与划分标准研究: 基于近年来全球典型灾害案例的分析. *灾害学*, 2013, 28(1): 15-22.]
- [12] Yu Xinzong. A preliminary study of the impact of the plague on the population of Jiangnan in the Qing Dynasty. *Chinese Journal of Population Science*, 2001(2): 36-43. [余新忠. 清代江南瘟疫对人口之影响初探. *中国人口科学*, 2001(2): 36-43.]
- [13] Xia Mingfang. Discussion on the "Ding Wu Famine". *The Qing History Journal*, 1992(4): 83-91. [夏明方. 也谈“丁戊奇荒”. *清史研究*, 1992(4): 83-91.]
- [14] Hao Ping. The population loss resulting from the great drought in Shanxi in the early period of Emperor Guangxu's reign in the Qing Dynasty. *Journal of Shanxi University (Philosophy & Social Science)*, 2001, 24(6): 10-13. [郝平. 山西“丁戊奇荒”的人口亡失情况. *山西大学学报(哲学社会科学版)*, 2001, 24(6): 10-13.]
- [15] Jiao Runming. The great plague in Northeast China during 1910-1911 and the countermeasures of the ruling class and the people. *Modern Chinese History Studies*, 2006(3): 106-124. [焦润明. 1910—1911年的东北大鼠疫及朝野应对措施. *近代史研究*, 2006(3): 106-124.]
- [16] Li Wenhai, Cheng Xiao, Liu Yangdong, et al. *The Ten Big Famines of Modern China*. Shanghai: Shanghai People's

- Publishing House, 1994. [李文海, 程歆, 刘仰东, 等. 中国近代十大灾荒. 上海: 上海人民出版社, 1994.]
- [17] Chen Yuqiong, Gao Jianguo. Time characteristics of great climatic disasters of died people over ten thousand in Chinese history. *Discovery of Nature*, 1984(4): 157-166. [陈玉琼, 高建国. 中国历史上死亡一万人的重大气候灾害的时间特征. *大自然探索*, 1984(4): 157-166.]
- [18] Liu Yi, Yang Yu. Spatial distribution of major natural disasters of China in historical period. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(3): 291-300. [刘毅, 杨宇. 历史时期中国重大自然灾害时空分异特征. *地理学报*, 2012, 67(3): 291-300.]
- [19] Liu Jing, Yin Shuyan. The temporal-spatial distribution and case analysis of the "number of deaths amounted to more than ten thousand people" events in Chinese ancient documents. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)*, 2017, 44(2): 243-252. [刘静, 殷淑燕. 中国古文献记载中“死者万计”事件的时空特征与原因分析. *浙江大学学报(理学版)*, 2017, 44(2): 243-252.]
- [20] Wang Yang, Yin Shuyan, Xu Xiaoyue, et al. Study on the mass death events in north China in Ming Dynasty. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2020, 34(9): 72-79. [王洋, 殷淑燕, 徐潇悦, 等. 气候变化背景下明代华北地区人口大量死亡事件研究. *干旱区资源与环境*, 2020, 34(9): 72-79.]
- [21] Ge Quansheng. *Climate Change in Chinese Dynasties*. Beijing: Science Press, 2011. [葛全胜. 中国历朝气候变化. 北京: 科学出版社, 2011.]
- [22] Fang Xiuqi, Zhao Wanyi, Song Ru, et al. The integrated natural disaster information system of the Qing Dynasty. *The Social History Research Journal*, 2020(1): 29-46. [方修琦, 赵琬一, 宋儒, 等. 清代自然灾害信息集成数据库建设. *社会史研究*, 2020(1): 29-46.]
- [23] Wu Shaohong, Gao Jiangbo, Wei Binggan, et al. Theoretical paradigm for natural disaster-resilient society. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(5): 1136-1147. [吴绍洪, 高江波, 韦炳干, 等. 自然灾害韧性社会的理论范式. *地理学报*, 2021, 76(5): 1136-1147.]
- [24] Xia Mingfang. Big data and ecological history: The compilation and database construction of the historical sources of Chinese disaster history in an information age. *The Qing History Journal*, 2015(2): 67-82. [夏明方. 大数据与生态史: 中国灾害史料整理与数据库建设. *清史研究*, 2015(2): 67-82.]
- [25] Niu Pinghan. *Comprehensive Table of Administration Region History in the Qing Dynasty*. Beijing: Sino Maps Press, 1990. [牛平汉. 清代政区沿革综表. 北京: 中国地图出版社, 1990.]
- [26] Ge Jianxiang, Cao Shuji. *The History of Chinese Population (Vol. V): The Qing Dynasty Period*. Shanghai: Fudan University Press, 2001. [葛剑雄, 曹树基. 中国人口史(第五卷): 清时期. 上海: 复旦大学出版社, 2001.]
- [27] Yang Jiehui. The study of flood relief of Zhumadian area in August 1975 [D]. Kaifeng: Henan University, 2014. [杨洁慧. 驻马店“75·8”水灾及救助研究[D]. 开封: 河南大学, 2014.]
- [28] Ge Quansheng, Zheng Jingyun, Fang Xiuqi, et al. Temperature changes of winter-half-year in eastern China during the past 2000 years. *Quaternary Sciences*, 2002, 22(2): 166-173. [葛全胜, 郑景云, 方修琦, 等. 过去2000年中国东部冬半年温度变化. *第四纪研究*, 2002, 22(2): 166-173.]
- [29] Yan Junhui, Ge Quansheng, Zheng Jingyun. Reconstruction and analysis on the series of winter-half-year temperature change during the Qing Dynasty in the northern China region. *Progress in Geography*, 2012, 31(11): 1426-1432. [闫军辉, 葛全胜, 郑景云. 清代华北地区冬半年温度变化重建与分析. *地理科学进展*, 2012, 31(11): 1426-1432.]
- [30] Fang Xiuqi, Xiao Lingbo, Wei Zhudeng. The social impact and the mechanisms of climate change in the North China Plain at the turn of the 18th and 19th centuries. *Science China: Terrae*, 2013, 43(5): 825-838. [方修琦, 萧凌波, 魏柱灯. 18—19世纪之交华北平原气候转冷的社会影响及其发生机制. *中国科学: 地球科学*, 2013, 43(5): 825-838.]
- [31] Shi Zhihong. *Central Government Silver Treasury: Revenue, Expenditure and Inventory Statistics in the Qing Dynasty, Ca 1700-1870*. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2014. [史志宏. 清代户部银库收支和库存研究. 北京: 社会科学文献出版社, 2014.]
- [32] Tan Qixiang. *The Historical Atlas of China (Vol. VIII): The Qing Dynasty Period*. Beijing: Sino Maps Press, 1996: 5-6. [谭其骧. 中国历史地图集(第八册): 清时期. 北京: 中国地图出版社, 1996: 5-6.]
- [33] CHGIS. Version: 6. Fairbank Center for Chinese Studies of Harvard University and the Center for Historical Geographical Studies at Fudan University, 2016. <https://chgis.fas.harvard.edu/data/chgis/v6/>.
- [34] Gong Shengsheng, Li Zimo, Xie Haichao, et al. Spatiotemporal characteristics and influencing factors of the epidemic disasters for the past 3000 years in China. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(8): 1976-1996. [龚胜生, 李夜沫, 谢海超, 等. 中国3000年疫灾流行的时空特征及其影响因素. *地理学报*, 2021, 76(8): 1976-1996.]
- [35] Fang Xiuqi, He Fanneng, Wu Zhilei, et al. General characteristics of the agricultural area and fractional cropland cover changes in China for the past 2000 years. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(7): 1732-1746. [方修琦, 何凡能, 吴致蕾, 等. 过去2000年中国农耕地拓展与垦殖率变化基本特征. *地理学报*, 2021, 76(7): 1732-1746.]

Identification and characteristics of extreme events with mass deaths caused by natural disasters in the Qing Dynasty

CHEN Siyu, FANG Xiuqi, YE Yu, ZHAO Wanyi

(Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Mass mortality is one of the major threats posed by natural disasters to the population system, which consists of interactions between natural and socio-economic systems. Based on records of deaths extracted from the Integrated Natural Disaster Information System of the Qing Dynasty, events with mass deaths caused by natural disasters are identified, and the decadal deaths index series from 1644 to 1911 is reconstructed. The spatio-temporal characteristics and causes of these extreme events with mass deaths are also analyzed. The main results show the following. First, from 1644 to 1911, historical China suffered a high frequency of extreme events with mass deaths that occurred in 91 years, with events occurring once every three years on average. Second, the deaths index series varies significantly in three phases: Phase I is from 1644 to the 1720s with a frequency and intensity close to the average over the entire Qing Dynasty; Phase II is from the 1730s to the 1800s with a low frequency of events occurring in two years and in two provinces per decade; and Phase III is from the 1810s to 1911 with a high frequency of events occurring in five years and in five provinces per decade. The maximum frequency and intensity appeared in the 1870s, whereas no extreme events with mass deaths occurred in the 1750s. Third, a total of 18 provinces experienced extreme events, and the spatial distribution of extreme events during the three phases differs. During Phase I, extreme events were widely distributed but of relatively low intensity; such events occurred in fewer provinces during Phase II. During Phase III, extreme events occurred in 18 provinces with high intensity and their spatial distribution showed a significant pattern of floods in southern China and droughts in northern China. Finally, epidemics, famine, and flood were the main contributors to extreme events with mass deaths throughout the entire Qing Dynasty, with drought, heavy rain, and storm surges being the main indirect factors.

Keywords: Qing Dynasty; historical disasters; population deaths; spatial and temporal characteristics