

王伊蒙,范亚秋,龙川,等.基于文献记录的敦煌地区历史时期沙尘天气序列重建[J].中国沙漠,2024,44(2):162-171.

# 基于文献记录的敦煌地区历史时期 沙尘天气序列重建

王伊蒙<sup>1,2</sup>, 范亚秋<sup>3</sup>, 龙川<sup>4</sup>, 柳本立<sup>1</sup>

(1.中国科学院西北生态环境资源研究院 沙漠与沙漠化重点实验室/敦煌戈壁荒漠生态与环境研究站,甘肃 兰州 730000; 2.中国科学院大学,北京 100049; 3.兰州大学 外国语学院,甘肃 兰州 730000; 4.敦煌市气象局,甘肃 酒泉 736200)

**摘要:** 采用历史文献和现代观测资料结合的方法,根据河西走廊沙尘传输路径上不同地区沙尘暴发生的强度和概率关系,获取了143条记录、83个年代数据,初步建立了敦煌地区过去两千年的沙尘天气活动强度序列,并与邻近地区的树轮、冰芯等气候代用指标研究结果进行对比,分析了历史时期沙尘天气的时空分布与气候条件变化的关系。结果显示:敦煌地区沙尘天气强烈且频发时期主要在280—351年、1440—1550年、1720—1840年、1900—1952年等4个阶段,与周围地区自然代用证据所反映的沙尘高发时期基本对应,且大致对应于干旱、寒冷时段。在公元2世纪以前、7—14世纪、16—17世纪反映沙尘天气的文献记录较为缺失,但史料文献数据仍有广泛的挖掘空间。为填补这些空白时段的资料,应深入开展现有历史记录的定年工作,并加强国内外合作,进一步挖掘海外流失文献的价值,这将为敦煌和整个西北地区历史时期气候环境的研究提供更充分的数据支撑。

**关键词:** 沙尘天气; 沙尘暴; 历史文献; 河西走廊; 敦煌

**文章编号:** 1000-694X(2024)02-162-10

**DOI:** 10.7522/j.issn.1000-694X.2023.00160

**中图分类号:** P445.4; P467

**文献标志码:** A

## 0 引言

沙尘天气指大风把地面沙粒和尘土卷入空中、导致空气变得混浊的一种自然现象,包括浮尘、扬沙和沙尘暴<sup>[1]</sup>,其中沙尘暴是强烈的沙尘天气,在中国西北和北方地区多发,可对人们的日常生活和工业生产带来不利影响,也会影响交通运输、环境治理,甚至造成人员伤亡<sup>[2]</sup>。历史时期强度较高、影响范围大的沙尘事件可能被文献资料记录下来,从而使得历史文献资料成为研究有气象观测以前沙尘天气的主要依据,其具有信息内涵丰富、记录时间地点准确、空间分辨率高等优点<sup>[3]</sup>,也可为认识当前和预测今后沙尘天气发展和演变规律提供参考<sup>[4]</sup>。

中国拥有五千年的文明史,积累了丰富的历史文献资料,其中蕴含大量的气候和自然灾害信息,为追溯长时间尺度的历史时期沙尘天气提供了宝

贵资源。众多学者已借助历史文献开展古气候学研究,重建了中国不同区域尺度的沙尘活动和沙尘暴序列。张德二<sup>[5]</sup>整理出中国近三千年的气象、灾害、物候信息,并提取其中的降尘记录,重建了近1700年的降尘频数序列,揭示了降尘频繁期与干冷的气候背景之间的良好对应关系<sup>[6]</sup>。邓辉等<sup>[7]</sup>、米小强<sup>[8]</sup>、王社教<sup>[9]</sup>基于史料建立了不同时空尺度的沙尘暴活动序列并进行分析。这些研究成果为我们深入了解历史时期的沙尘天气提供了重要的参考依据。

敦煌作为世界历史文化名城,是古代丝绸之路的重要节点,具有十分重要的文化艺术价值和史学价值。出土于莫高窟的敦煌文献也为多种自然科学研究提供了丰富的史料信息来源<sup>[10]</sup>。习近平总书记指出:“历史文化遗产不仅生动述说着过去,也深刻影响着当下和未来;不仅属于我们,也属于子

收稿日期:2023-10-06; 改回日期:2023-11-17

资助项目:中国科学院青年创新促进会优秀会员项目(Y202085)

作者简介:王伊蒙(1997—),女,河南洛阳人,硕士研究生,主要从事风沙灾害防治研究。E-mail: wangyimeng21@mails.ucas.ac.cn

通信作者:柳本立(E-mail: liubenli@lzb.ac.cn)

孙后代。保护好、传承好历史文化遗产是对历史负责、对人民负责。”<sup>[11]</sup>然而,现阶段敦煌面临着环境和人为因素带来的多重问题,其中频发的沙尘天气将直接影响敦煌的生态安全及莫高窟、阳关等历史文化遗迹的保存<sup>[12]</sup>。在此背景下,借助该地区相对丰富的史料记载,开展敦煌历史时期沙尘天气的研究,有助于全面认识该地区历史时期自然和人文环境演变过程。

敦煌所处的河西走廊是中国北方主要的沙尘源地,还是中国风沙东移南下的大通道,河西走廊沙尘活动路径上的各个城市沙尘天气存在密切的相关性<sup>[13]</sup>。因此,可以考虑建立这些地区间的沙尘天气关系,利用不同地区的沙尘天气史料记载信息相互补充,以弥补河西走廊地区历史文献记录相对稀少的不足。同时,可以通过结合冰芯、树木年轮、湖泊沉积物等连续性较好的自然证据,与历史文献记录进行衔接分析,相互印证,从而获得可靠的论证<sup>[14]</sup>。

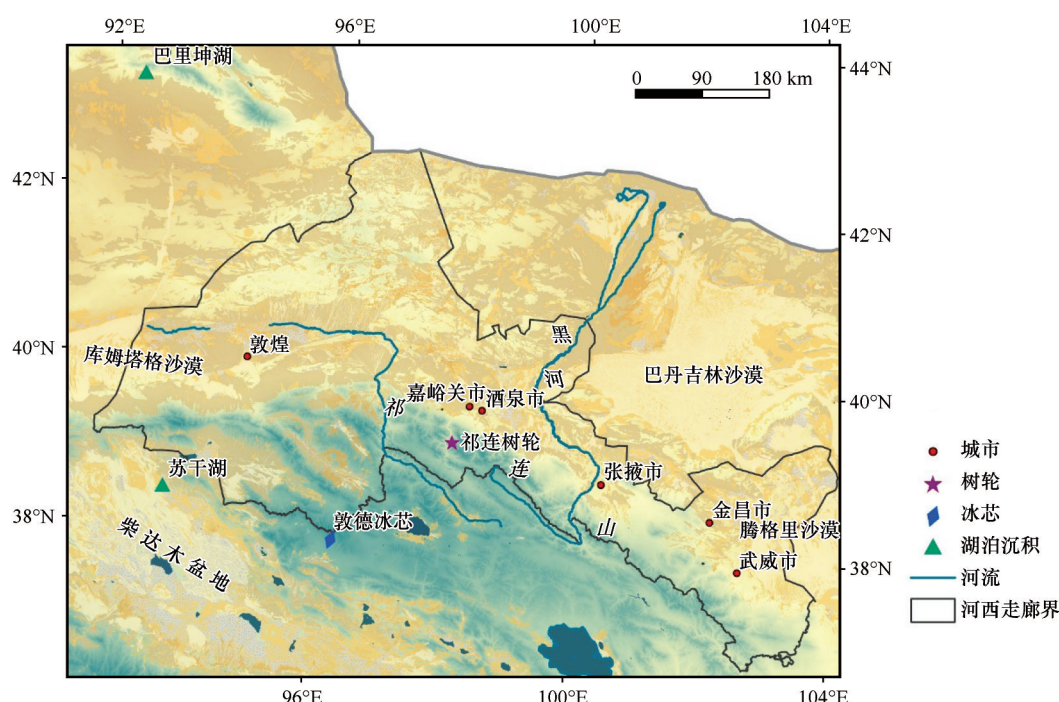
鉴于此,本文在整理前人研究成果的基础上,根据1954—2007年中国强沙尘暴数据集,建立敦煌及河西走廊沙尘传输路径上其他地区的沙尘天气强度与次数的关系模型,并利用自汉代以来河西走廊地区的沙尘活动文献记录,绘制出相对完整的敦

煌地区历史时期沙尘天气频次及强度变化序列。将该序列与自然代用资料序列进行对比分析,探讨历史时期敦煌地区沙尘天气和气候变化的关系,以期深入认识该地区历史时期的自然与人文环境演变过程。值得强调的是,我们之所以将强沙尘暴数据集与历史文献记录的沙尘天气对应,是因为被史料所记录的沙尘天气,必然是范围广、强度大的强沙尘暴。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

敦煌位于河西走廊的最西端( $92^{\circ}13'—95^{\circ}30'E$ ,  $39^{\circ}40'—41^{\circ}40'N$ ),东侧为三危山,南为鸣沙山,西面为库姆塔格沙漠,北为广阔的戈壁滩,面积约 $3.12\times 10^4\text{ km}^2$ (图1)。敦煌的气候属典型温带大陆性荒漠气候,全年受蒙古和西伯利亚高压系统的影响,降水稀少,蒸发旺盛,气候干旱<sup>[15]</sup>。该区域多年均年降水量仅为38.5 mm,多年均年蒸发量高达2 486 mm,属于极干旱地区,地表以沙漠、砾质荒漠为主,绿洲仅占总面积的4.5%。年平均风速为 $3.04\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,常年多东风和西风,春季风速最大,风灾和沙尘暴为该地区的主要灾害。



注:基于自然资源部标准地图服务网站标准地图(审图号:GS(2020)4619号)制作,底图边界无修改

图1 研究区及对比代用资料点

Fig.1 Study area and proxy data points for comparison

敦煌是古丝绸之路上的商贸和文化交流中心,所出土的文物、文献简牍等涉及宗教、历史、地理、文学、艺术等多个学科领域,具有重要的学术价值和文物价值,可作为良好的历史代用资料用于敦煌历史气候<sup>[10]</sup>,以及其他众多学科的研究<sup>[16]</sup>。

1.2 历史文献记录

本文采用历史文献记录研究法,对历史时期的沙尘天气资料进行系统检索,收集文献记录中有确切发生时间和地点的沙尘天气和大风降尘记录。首先,收集了敦煌文献数据库中的敦煌遗书、写本和汉简,但由于敦煌莫高窟出土的古代文献

大部分为宗教典籍(除宗教内容外的文书仅占总数的10%),再加上西方的盗窃和掠夺,目前可供历史气候研究的文献非常有限<sup>[17]</sup>。因此,我们将历史文献的收集范围扩大到河西地区,收集的历史文献资料来源于已公开的可靠文献资料,包括各朝正史、地方志、档案资料和整编资料。清代日记文献蕴含了丰富的沙尘信息,但目前得到学界研究考证的主要为《翁心存日记》和《翁同龢日记》<sup>[18]</sup>,记录的沙尘天气发生地点大部分在北京,没有发现关于河西地区的记录。因此,这些日记文献无法用于反映敦煌地区的沙尘天气。历史文献代用资料详见表1。

表 1 所收集的历史文献资料来源  
Table 1 Sources of historical documentation collected

资料类型	资料名称	时间跨度	资料来源
史籍	二十四史、《清史稿》、《方輿考证》、《资治通鉴》等	远古至1911年	中国基本古籍数据库
地方志	《甘肃省志》	远古至1985年	韩志德 <sup>[19]</sup>
	《敦煌志》	远古至2004年	敦煌市地方志编纂委员会 <sup>[16]</sup>
	《酒泉志》《肃州区志》《金塔县志》《武威市志》《民勤县志》 《古浪县志》《张掖志》《临泽县志》《高台县志》《山丹县志》 《民乐县志》《金昌区志》《永昌县志》等	远古至现代	甘肃数字方志馆 <sup>[20]</sup>
文物资料	敦煌汉简	公元前100至100年	甘肃简牍博物馆
	敦煌文书	405—1002年	敦煌文献数据库
整编资料	《中国三千年气象记录总集》	公元前1675年至1911年	张德二 <sup>[5]</sup>
	《中国古代重大自然灾害和异常年表总集》	远古至1911年	宋正海 <sup>[21]</sup>
	《中国气象灾害大典:甘肃卷》	远古至2000年	董安祥 <sup>[22]</sup>
	《西北荒灾史》	公元前130至1948年	袁林 <sup>[23]</sup>
	《中国地学通鉴:灾害卷》	远古至现代	张治勋等 <sup>[24]</sup>
	《甘肃文史资料选辑》	—	中国人民政治协商会议甘肃省委员会文史资料研究委员会 <sup>[25]</sup>
	《中国沙漠与沙漠化》	公元前300年至2000年	王涛 <sup>[26]</sup>
	《敦煌大事记》	公元前115年至2012年	姜德治 <sup>[27]</sup>
	《敦煌史事艺文编年》	公元前206年至1949年	魏锦萍等 <sup>[28]</sup>
	《酒泉文史资料》	1316—1930年	政协甘肃省酒泉市委员会 <sup>[29]</sup>
档案资料	政府报告	1912—1949年	公开政府报告

1.3 沙尘天气序列补充模型

历史时期气象记录不完整,只有特别严重的灾害性天气才有可能被记载下来。因此,历史文献中所记载的沙尘天气,基本属于现代沙尘天气分类中的沙尘暴和强沙尘暴<sup>[14]</sup>。一次大型的沙尘天气通

常从源地开始,沿着沙尘移动路径向下风向地区移动<sup>[13]</sup>。同一沙尘移动路径上各个地区同时或先后发生的沙尘暴往往属于同一天气过程,因而各个地区的历史风沙记录可以相互补充和印证。敦煌所处的河西走廊地区是中国沙尘暴天气的高发中心,也是沙尘暴移动路径——西线的必经之地<sup>[13]</sup>。我



们就可以通过现代气象观测记录,建立各地区沙尘暴发生频率及强度的相关关系模型,利用河西其他地区历史时期的沙尘天气记录来补充敦煌地区历史时期的沙尘天气序列。

我们使用国家气象信息中心发布的《1954—2007年中国强沙尘暴序列及其支撑数据集》作为基础数据。该数据源为收集存档的中国地面月报信息化文件,包含中国610个地面台站的强沙尘暴发生年月、日期、沙尘暴开始和结束时间等信息。由于在实际的沙尘天气现象演变中,随着风力的波动,沙尘暴与扬沙、浮尘经常交替出现,即沙尘暴的记录间隙中常存在扬沙和浮尘天气。所以我们对河西地区各站点的强沙尘暴记录按照天气过程进行划分,将强沙尘暴记录间隔时间小于24小时的视为同一次沙尘天气过程。该数据集中没有敦煌的记录,敦煌沙尘暴、扬沙数据由敦煌市气象局提供。

本文提出一种沙尘天气活动强度的估算方法,用于建立两个地点之间沙尘暴发生概率和强度的关系,并通过相邻地区的沙尘暴历史记录来补充目标地区沙尘暴序列。目标站点为敦煌及其上属的酒泉,建立关系的站点为河西地区其他站点(高台、张掖、永昌、武威、民勤)。目标站点强沙尘暴发生概率系数(SPF)、强度系数(SIF)的计算方法为:

$$SPF = N_a / N_b \quad (1)$$

$$SIF_i = SI_{ai} / SI_{bi} \quad (2)$$

$$SIF = \sum_{i=1}^n SIF_i / N_a \quad (3)$$

$$SI = T_E - T_B \quad (4)$$

$$AIF = SIF_i \times SPF_i \quad (5)$$

式中: $N_b$ 表示某站点的强沙尘暴过程次数; $N_a$ 表示

某站点与目标站点共同参与的强沙尘暴过程的次数; $i=1,2,3,\dots,n,n$ 为沙尘天气过程总数; $SI$ 为沙尘暴发生强度,用强沙尘暴持续时长表示; $T_B$ 为强沙尘暴开始时间; $T_E$ 为强沙尘暴结束时间; $SI_{ai}$ 为目标站点在第*i*个沙尘暴天气过程中的沙尘暴发生强度; $SI_{bi}$ 为某站点在第*i*个沙尘暴天气过程中的沙尘暴发生强度; $AIF$ 为活动强度系数,是反映沙尘暴发生范围、持续时间的综合指标。

#### 1.4 其他数据来源

树轮、冰芯、湖泊沉积物等多种自然代用资料常被用来反演历史时期的气候,但敦煌地区没有类似已有结果,因此本文选取邻近或覆盖敦煌地区的代用指标数据对新建立的沙尘天气序列进行对比(表2)。其中,用于反映沙尘天气的自然代用证据包括青海敦德冰芯的微粒浓度序列<sup>[30]</sup>,以及柴达木盆地苏干湖和天山东段巴里坤湖沉积物中的粗粒含量和磁化率序列,这些证据是反映历史时期大气尘埃和沙尘的良好载体,可以较好地反映干旱区沙尘暴活动频率<sup>[31-32]</sup>。用于反映历史时期干湿变化的自然代用证据包括基于树轮资料重建的河西走廊近600年降水序列和近1600年的干旱指数序列,以及基于历史文献资料建立的河西地区中部黑河流域近2000年的旱涝序列<sup>[33-35]</sup>。这些证据能够较好地反映历史时期的降水和干湿状况。用于反映历史时期温度变化的自然代用证据包括Yang等<sup>[36]</sup>和Ge等<sup>[37]</sup>基于多源数据资料分别建立的中国2000年温度序列,为中国气温变化的冷暖时期提供了重要证据。所选自然代用证据的样点坐标在图1中显示。

表2 对照自然代用资料列表  
Table 2 List of natural surrogate indexes

序号	代用资料	资料类型	采样点海拔/m	序列长度	资料来源
1	敦德冰芯微粒含量	冰芯	5 325	1060—1980年	Mosley-Thompson等 <sup>[30]</sup>
2	苏干湖沉积物粗粒含量和磁化率	湖泊沉积	2 793	0—2000年	Chen等 <sup>[31]</sup>
3	巴里坤湖沉积物组分含量	湖泊沉积	1 580	0—2000年	薛积彬等 <sup>[32]</sup>
4	河西走廊近600年降水序列	树轮	3 000	1390—2007年	Yang等 <sup>[33]</sup>
5	河西走廊帕尔默干旱度指数序列	树轮	3 000~3 520	455—2011年	Yang等 <sup>[34]</sup>
6	黑河流域近2000年旱涝序列	历史文献	—	0—2000年	任朝霞等 <sup>[35]</sup>
7	中国2000年温度序列	多指标综合	—	0—2000年	Yang等 <sup>[36]</sup>
8	中国2000年温度序列	多指标综合	—	0—2000年	Ge等 <sup>[37]</sup>

## 2 结果与分析

### 2.1 强沙尘暴年际变化相关性

基于气象站点的观测数据,我们建立了1954—2007年河西地区敦煌、酒泉、高台、张掖、永昌、武

威、民勤各站点强沙尘暴次数变化序列(图2),并对比各站点序列的相关性(表3)。从图2可以看出,各站点的强沙尘暴频次序列在变化趋势和幅度上存在显著的正相关性,相关性系数为0.419~0.818。因此,用河西其他市县的历史文献记录来反映敦煌地区历史时期的沙尘暴情况是可行的。

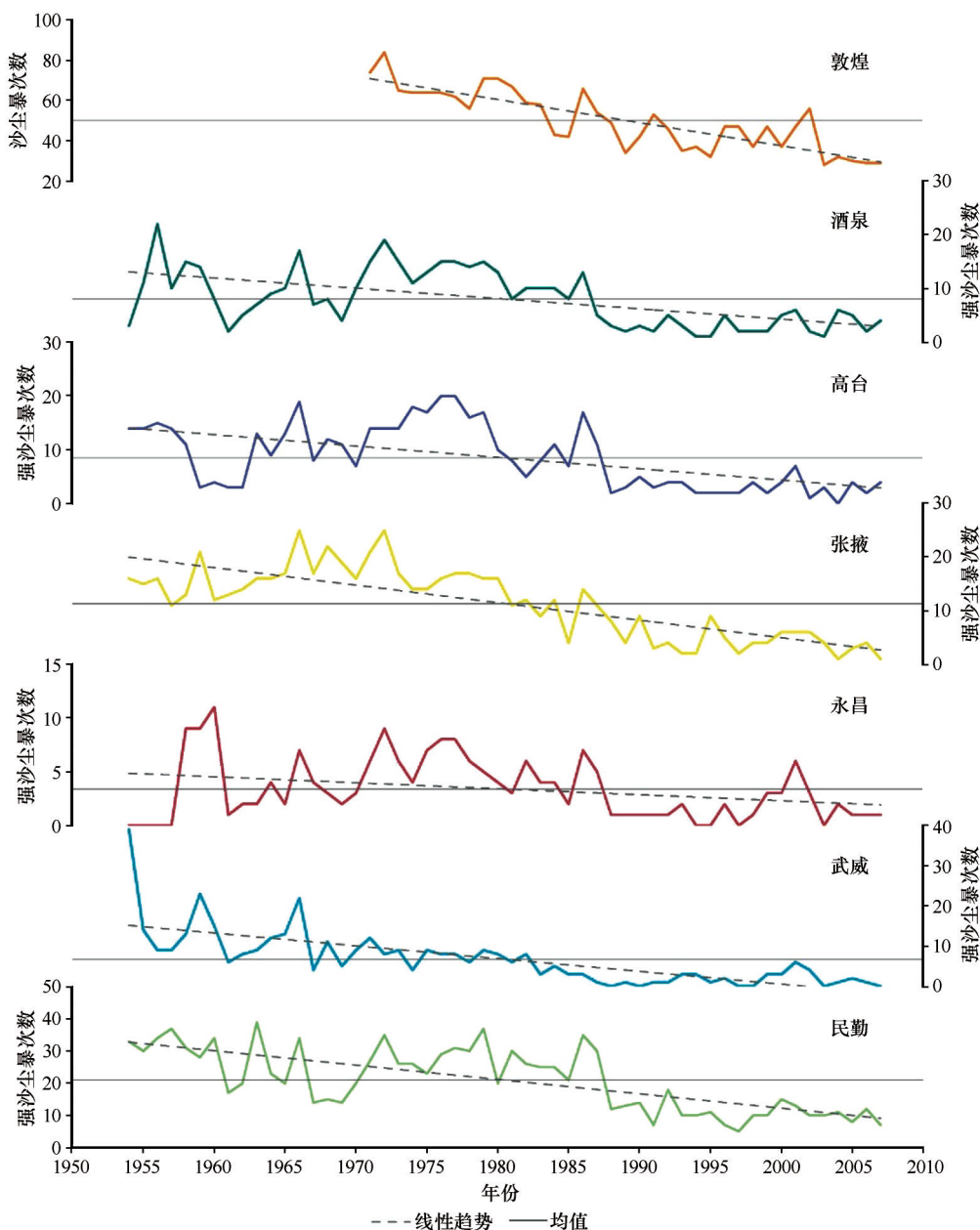


图2 沙尘暴西线移动路径上各站点的沙尘暴次数变化序列

Fig.2 Sequence of changes in the number of dust storms at stations along the westward moving path of dust storms

### 2.2 史料的搜集和处理

经过系统查阅、整理并剔除重复及有误记录,最终得到公元前200至公元1954年(1954年后有较为详尽的器测资料,不再依赖文献资料)河西地区

沙尘天气记载共148条,其中敦煌地区的记录共10条(表4)。

值得指出的是,虽然已将历史文献的收集范围扩大到河西地区,但是在一些历史时段上,沙尘天

表 3 沙尘西线沿线站点沙尘暴次数相关性						
Table 3 Correlation of the number of dust storms at stations along the Sandy Dust Western Route						
站点	敦煌	酒泉	高台	张掖	永昌	武威
酒泉	0.818	—	—	—	—	—
高台	0.733	0.771	—	—	—	—
张掖	0.855	0.726	0.723	—	—	—
永昌	0.787	0.642	0.449	0.538	—	—
武威	0.774	0.419	0.445	0.637	0.326	—
民勤	0.776	0.754	0.761	0.698	0.537	0.583

表 4 敦煌地区历史时期沙尘天气文献记录				
Table 4 Documentary records of dust event in Dunhuang area during the historical period				
序号	年代/年份	风沙天气记录	灾害类型	史料来源
1	汉代	二月中送使者黄君, 遇逢大风, 马警(惊)折死	沙尘暴	《悬泉汉简》 <sup>[38]</sup>
2	汉代	送使渠犂校尉莫府, 搬迁会大风, 折伤盖口十五枚, 御赵定伤	沙尘暴	《悬泉汉简》 <sup>[38]</sup>
3	汉代	二月廿三日乙巳卒十九人作簿, 其一人削工, 一人门府门, 一人守库, 一人养传马, 二人治外园, 二人治内园, 一人治席, 一人治革, 一人治苇篋, 二人治府上清, 五人除司马丞舍屋上沙	沙尘暴	《戍卒劳作簿》 <sup>[38]</sup>
4	汉代	三月甲辰, 卒十四人, 其一人养, 定作十三人。除沙三千七百七十石。率人除二百九十石。与此七万六千五百六十石	沙尘暴	《居延汉简》 <sup>[39]</sup>
5	公元前 20 年至 20 年	悬泉置遗址发掘时, 在划分地层时发现, 第一层与第二层之间、第二层与第三层之间, 均有细沙层分布, 并隔断文化层之间的联系, 推测为大风沙暴所致。这两层文化层为王莽至西汉成帝时堆积, 由此可以推断公元前 20 年至公元 20 年间, 曾有特大沙尘暴袭击过悬泉置	沙尘暴	《敦煌市志》 <sup>[40]</sup>
6	1757 年	安西、敦煌、玉门等处, 暴风飞沙, 压没田禾	沙尘暴	《敦煌市志》 <sup>[40]</sup>
7	1929 年	8 月 14 日(阴历七月十日), 敦煌忽然飙风大作, 拔木发屋, 天地骤变黄色, 复由黑而红, 由红而黄, 由黄而白。前后二时许始晴明	沙尘暴	《重修敦煌县志·祥异志》 <sup>[41]</sup>
8	1934 年	酒泉、敦煌等县大风狂作, 飞沙走石, 成灾甚重	沙尘暴	甘肃省民政厅工作报告
9	1951 年	吹过大风, 天空不混浊	大风	《敦煌志》 <sup>[16]</sup>
10	1952 年	4 月 9 日临泽、张掖、山丹、永昌、酒泉、敦煌、环县等 23 个县发生强沙暴	沙尘暴	《中国沙漠与沙漠化》 <sup>[26]</sup>

气记载的数量仍较少。例如在汉朝 300 多年的历史时期中, 仅有 8 条相关记载。而在 700—1400 年, 可考证的记载仅有 2 条。主要原因是由于河西地区是历史时期中原统一王朝与西北游牧民族政权争夺的焦点, 政权更迭频繁, 对于自然气象的记载难以持续, 频繁的战乱和政治动荡进一步限制了对于自然灾害的记录和保存。因此, 仅依赖一个地区的文献记录, 很难建立起较为连续的序列, 应当基于沙尘活动的空间连续性特征, 充分利用周边地区的可用资料。

在文献的搜集过程中, 我们还发现部分历史记载缺少准确的年代。以敦煌玉门关遗址和悬泉置遗址为例, 这些遗址所出土的汉代简牍多次记载了

敦煌及河西地区的强风和沙尘天气现象, 包含有月、日信息, 但年份未知, 目前仅能够界定其发生于汉朝期间, 因此无法用于本文研究(表 4 记录 1~5), 而个别史料中涉及的沙尘暴是对当地气候特征的描述, 并非具体事件, 也无法用于重建。经筛选, 公元前 200 年至公元 1954 年河西地区有确切沙尘天气时间信息的文献记录为 143 条, 分布在 83 个年份。尽管记载数量依然较少, 但已经是当前开展敦煌地区历史时期沙尘天气研究最丰富的资料。

2.3 敦煌历史时期沙尘天气序列的重建

通过河西走廊其他地区沙尘天气记录补充敦煌地区记录的方法, 可以得到敦煌地区公元前 200

年至1954年的沙尘天气活动强度序列图。获得的结果并不代表实际沙尘天气的确切次数和强度,而只是有沙尘天气记录年份的沙尘暴活动强度。

从图3A中可以看出,重建出的近2000年来敦煌地区的沙尘天气序列整体呈波动态势。其中300

—700年波动下降,1460—1950年呈波动上升趋势,700—1460年趋于平稳,但该时段资料匮乏,可靠性较低。沙尘天气多发或者强度明显增强的时段共有4个,分别为280—351年、1440—1550年、1720—1840年、1900—1952年。单个年份频率和强度明显

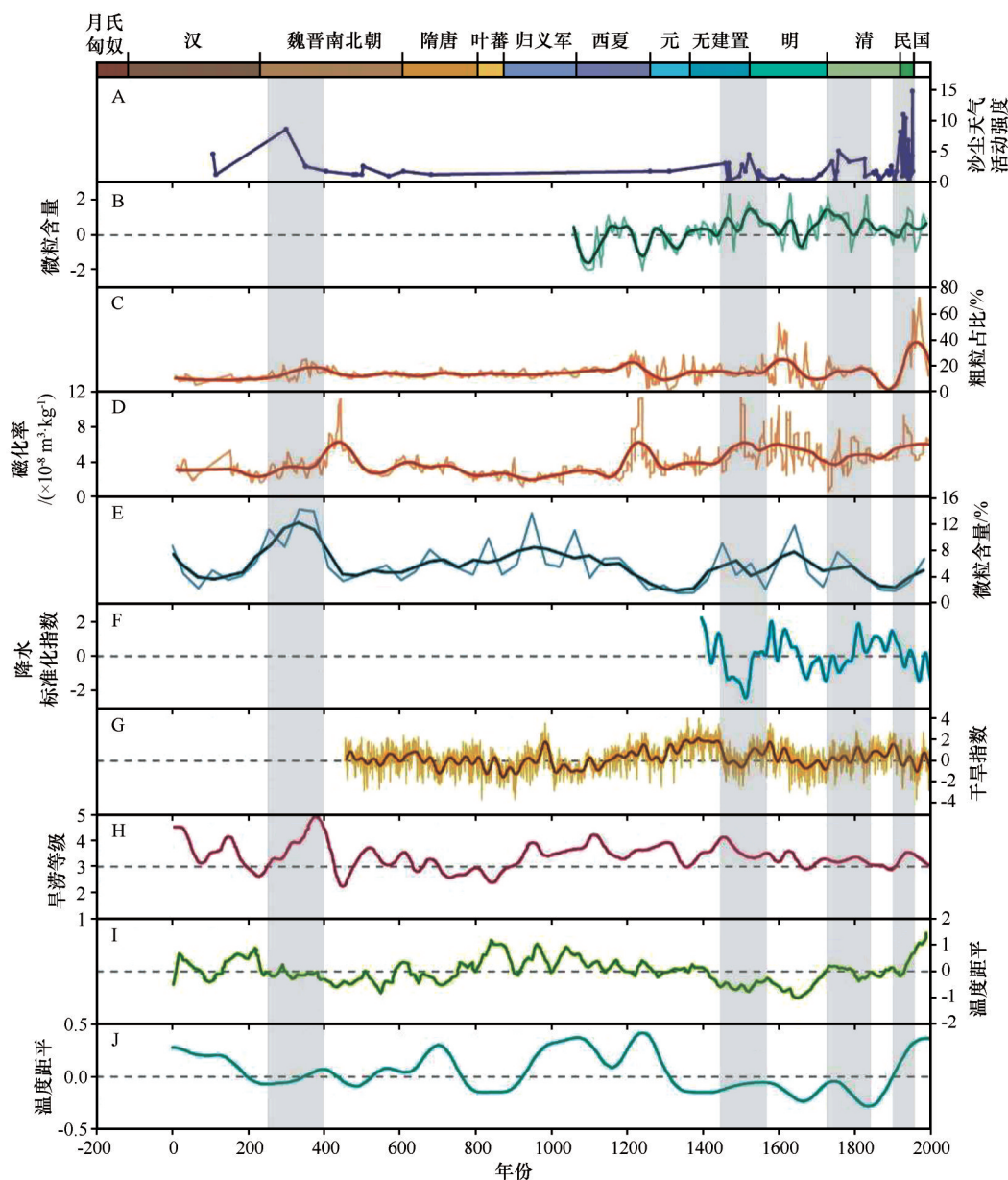


图3 敦煌历史时期沙尘天气活动强度序列(A本文),敦德冰芯微粒含量<sup>[30]</sup>(B),苏干湖沉积物粗粒含量<sup>[31]</sup>(C),苏干湖沉积物磁化率<sup>[31]</sup>(D),巴里坤湖沉积物组分含量<sup>[32]</sup>(E),河西走廊近600年降水序列<sup>[33]</sup>(F),河西走廊帕尔默干旱度指数(scPDSI)序列<sup>[34]</sup>(G),黑河流域近2000年旱涝序列<sup>[35]</sup>(H),Yang等<sup>[36]</sup>重建的中国2000年温度序列(I),Ge等<sup>[37]</sup>重建的中国2000年温度序列(J)

Fig.3 Activity intensity series of dust event during the historical period of Dunhuang (A in this paper), particulate content of the ice core of Dundu<sup>[30]</sup> (B), coarse-grained content of the sediments of Suga lake<sup>[31]</sup> (C), magnetization rate of the sediments of Suga lake<sup>[31]</sup> (D), content of the sedimentary fractions of Balikun lake<sup>[32]</sup> (E), precipitation sequence of Hexi Corridor in recent 600 years<sup>[33]</sup> (F), palmer drought severity index (scPDSI) sequence in Hexi Corridor<sup>[34]</sup> (G), Heihe River basin nearly 2 000 years drought and flooding sequence<sup>[35]</sup> (H), Yang et al. reconstructed China's 2,000 years temperature sequence<sup>[36]</sup> (I), Ge et al. reconstructed China's 2 000 years temperature sequence<sup>[37]</sup> (J)



较高的有107年、300年、503年、1468年、1503年、1521年、1740年、1757年、1785年、1920年、1928年、1934、1942、1952年等。通过对比发现,这些时段与1060—1980年敦德冰芯的微粒含量一致性较高(图3B)<sup>[30]</sup>,与苏干湖和巴里坤湖过去2 000年的粗粒组分含量所指示的沙尘天气强烈时期也表现出显著的相似性(图3C~E)<sup>[31~32]</sup>。但这些变化情况受史料数量的多寡程度影响显著,因此在时间变化上存在局限。

重建序列与基于自然代用资料建立的序列在一些时段的变化幅度上也存在明显的差异,例如明朝时期,重建序列中所显示的沙尘天气强度和波动变化程度均较小,而其他序列记录的沙尘暴活动在16世纪前半叶则呈现系统性增强<sup>[30~32]</sup>。产生这种差异的原因除了上文讨论过的河西地区历史文献较少之外,还可以归因于不同代用资料来源地距离较远,反映的沙尘活动具有区域性差别,且几类结果本身的机制不同。历史文献记录了人类社会亲历的时间,准确性较高,但是在时空连续性上具有局限性<sup>[3]</sup>。湖泊沉积物主要通过捕获局地的粗颗粒来记录沙尘暴<sup>[32]</sup>,冰川通过封存远距离传输的细颗粒来记录沙尘暴<sup>[30]</sup>,所以这两种数据所反映的结果具有区域性特点,不一定能够反映本文研究地区的实际情况。此外,湖泊沉积和冰芯等自然代用资料也会受到气候、地形等因素的影响,导致同一时期不同地区的沙尘天气记录不一致。总之,各序列间存在一定的空间差异是合理的,基于历史文献记录的序列更加真实可靠,可以用于验证其他代用指标资料的结果。

#### 2.4 敦煌地区沙尘天气与气温、降水的关系

沙尘天气的发生过程复杂,受气温、降水、风速和人类活动的综合影响<sup>[42]</sup>。现有研究表明,沙尘天气多发生在干冷气候背景下<sup>[6]</sup>。为进一步验证所建立的敦煌地区历史时期沙尘天气序列的代表性,我们将该序列与已有研究建立的干湿序列进行对比。选取祁连山轮宽度指数所反映的河西走廊地区620年的降水变化和2 000年的帕默尔干旱指数以及基于历史文献建立的黑河流域旱涝等级序列(图3F~H)<sup>[33~35]</sup>,通过对比可以看出,强沙尘天气基本爆发于降水较少且较干旱的时期,特别是在1440—1550年存在一个明显的降水减少,干旱指数增加的

过程。

温度对沙尘天气的发生也起主要作用。我们选取Ge等<sup>[37]</sup>、Yang等<sup>[36]</sup>基于多指标数据资料建立的2 000年来全国温度序列,通过对比图3A和图3I、J,可以观察到沙尘天气强度与温度之间存在显著的负相关关系,即沙尘天气频繁期基本对应低温寒冷时期。然而,在16—17世纪这一“干冷”的气候背景下,重建序列的沙尘天气却并不强烈。

通过综合对比分析图3A~J,我们发现干冷气候背景、政治动荡以及历史文献记载数量减少等因素在发生时间上呈现出一致性。干旱与寒冷气候构成了沙尘天气发生的自然背景条件,持续的干旱和寒冷往往会严重影响农牧业生产,使其难以满足人口的基本需求,从而进一步推动了游牧民族的外侵和战争<sup>[43]</sup>。已有研究证明,7世纪末到9世纪中叶存在一个寒冷时期<sup>[36]</sup>,也有一些记载真实反映了当时战乱频发,农田变为荒地的景象<sup>[43]</sup>,这可能正是导致河西地区陷入动荡和战争、史料记载减少的原因。

### 3 结论

本文采用历史文献研究和现代观测资料结合的研究方法,共收集到河西地区历史时期沙尘天气记载148条,其中有明确时间信息的事件143条,分布在83个不同的年份中;利用河西走廊沙尘传输路径上不同地区的现代观测资料,初步建立了敦煌公元前200至公元1954年沙尘天气活动强度序列。

所建立的序列表明,汉代以来敦煌地区的沙尘天气整体呈波动态势,沙尘天气强烈且高发时期共有4个,即280—351年、1440—1550年、1720—1840年、1900—1952年。所建序列与其他代用指标反映的周围地区沙尘活动强烈时期具有显著相似性,且能够与干旱、寒冷的气候时段相对应。所收集历史文献记录在2世纪以前、7—14世纪、16—17世纪仍较为缺失、难以对比,记录缺失的时期可能是干旱、寒冷和沙尘频发的时期。

中国历史悠久,文献记载丰富,为相关研究提供了宝贵资源和独特优势,但当前敦煌地区乃至整个西北地区的文献记录依然稀少,大量史料流失海外,且尚有部分记录无法确定具体年代,原有敦煌地区历史时期有确切年份的沙尘天气记录仅有5条。在研究历史时期沙尘方面,相关史料文献仍有广泛的挖掘潜力。



本研究提出的方法使得建立不同地区历史时期沙尘天气变化序列成为可能,有助于深刻理解敦煌及河西走廊地区历史上的沙尘活动,为全面认识该地区历史时期所经历的自然环境变化及其对人类生活的影响提供依据。为继续深入探索这一问题,应强化对相关文献记录的发掘,加强历史文献和考古资料的定年研究,同时追溯海外流失文献,促进不同记录之间的集成和互补。在此背景下,迫切需要在国内外加强合作研究,以填补这一研究领域的资料空缺。

### 参考文献:

- [1] 王式功,周自江,尚可政,等.沙尘暴灾害[M].北京:气象出版社,2010:23-25.
- [2] 王炜,方宗义.沙尘暴天气及其研究进展综述[J].应用气象学报,2004(3):366-381.
- [3] 郑景云,葛全胜,郝志新,等.历史文献中的气象记录与气候变化定量重建方法[J].第四纪研究,2014,34(6):1186-1196.
- [4] 王式功,董光荣,陈惠忠,等.沙尘暴研究的进展[J].中国沙漠,2000,20(4):5-12.
- [5] 张德二.中国三千年气象记录总集[M].江苏:凤凰出版社,2013:1-2.
- [6] 张德二.我国历史时期以来降尘的天气气候学初步分析[J].中国科学:B辑,1984(3):278-288.
- [7] 邓辉,姜卫峰.1463~1913年华北地区沙尘天气序列复原及初步分析[J].地理研究,2005,24(3):403-411.
- [8] 米小强.1500—1910年西北地区沙尘天气研究[J].气象与减灾研究,2012,35(3):51-56.
- [9] 王社教.历史时期我国沙尘天气时空分布特点及成因研究[J].陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2001(3):81-87.
- [10] 李并成.百年来敦煌地理文献及历史地理的研究[J].敦煌学辑刊,2010(2):46-58.
- [11] 习近平.建设中国特色中国风格中国气派的考古学 更好认识源远流长博大精深的中华文明[J].中国文物科学研究,2020(4):2-4.
- [12] 樊锦诗.基于世界文化遗产价值的世界文化遗产地的管理与监测:以敦煌莫高窟为例[J].敦煌研究,2008(6):1-5.
- [13] 邱新法,曾燕,缪启龙.我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径[J].地理学报,2001,56(3):7.
- [14] 张自银,杨保.中国北方过去2000年沙尘事件与气候变化[J].第四纪研究,2006(6):905-914.
- [15] An Z S, Zhang K C, Tan L H, et al. Quantifying research on the protection effect of a desert-oasis ecotone in Dunhuang, Northwest China [J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2023, 236: 105400.
- [16] 敦煌市地方志编纂委员会.敦煌志[M].北京:中华书局,2007:1-110.
- [17] 李晓光.敦煌文献编纂成果研究[D].沈阳:辽宁大学,2014.
- [18] 黄媛,李蓓蓓,李忠明.基于日记的历史气候变化研究综述[J].地理科学进展,2013,32(10):1545-1554.
- [19] 韩志德.甘肃省志-气象志[M].兰州:甘肃人民出版社,1989:131-142.
- [20] 甘肃数字方志馆.甘肃省市县志[DB/OL].[2023-06-25].  
<http://gsdfszyw.org.cn/>.
- [21] 宋正海.中国古代重大自然灾害和异常年表总集[M].广州:广东教育出版社,1992:209-284.
- [22] 董安祥.中国气象灾害大典:甘肃卷[M].北京:气象出版社,2005:235-273.
- [23] 袁林.西北灾荒史[M].兰州:甘肃人民出版社,1994:1271-1316.
- [24] 张治勋,张万霞.中国地学通鉴:灾害卷[M].西安:陕西师范大学出版社,2018:349-462.
- [25] 中国人民政治协商会议甘肃省委员会文史资料研究委员会.甘肃文史资料选辑[M].兰州:甘肃人民出版社,1984:19-42.
- [26] 王涛.中国沙漠与沙漠化[M].石家庄:河北科学技术出版社,2003:448-457.
- [27] 姜德治.敦煌大事记[M].兰州:甘肃人民出版社,2009:1-33.
- [28] 魏锦萍,张仲.敦煌史事艺文编年[M].兰州:甘肃文化出版社,2012:165-167.
- [29] 政协甘肃省酒泉市委员会.酒泉文史资料[M].1991:63-67.
- [30] Mosley-Thompson E, Thompson L G, Dai J, et al. Climate of the last 500 years: high resolution ice core records[J]. Quaternary Science Reviews, 1993, 12(6):419-430.
- [31] Chen F H, Qiang M R, Zhou A F, et al. A 2000-year dust storm record from Lake Sugan in the dust source area of arid China [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2013, 118: 2149-2160.
- [32] 薛积彬,钟巍.干旱区湖泊沉积物粒度组分记录的区域沙尘活动历史:以新疆巴里坤湖为例[J].沉积学报,2008,26(4):9.
- [33] Yang B, Qin C, Bräuning A, et al. Rainfall history for the Hexi Corridor in the arid northwest China during the past 620 years derived from tree rings [J]. International Journal of Climatology, 2011, 31: 1166-1176.
- [34] Yang B, Wang J, Liu J. A 1556 year-long early summer moisture reconstruction for the Hexi Corridor, Northwestern China [J]. Science China Earth Science, 2019, 62: 953-963.
- [35] 任朝霞,陆玉麒,杨达源.黑河流域近2000年的旱涝与降水量序列重建[J].干旱区资源与环境,2010,24(6):5.
- [36] Yang B, Bräuning A, Johnson K R, et al. General characteristics of temperature variation in China during the last two millennia [J]. Geophysical Research Letters, 2002, 29(9): 1324.
- [37] Ge Q S, Hao Z X, Zheng J Y, et al. Temperature changes over the past 2000 yr in China and comparison with the Northern Hemisphere [J]. Climate of the Past, 2013, 9(3): 1153-1160.
- [38] 甘肃省文物考古研究所.敦煌悬泉汉简释文选[J].文物,2000(5):27-45.
- [39] 朱建军,赵玉琴.简牍材料所见两千年前敦煌地区大风与沙尘暴[N].光明日报,2021-05-24(14).
- [40] 敦煌市地方志编纂委员会.敦煌市志[M].北京:中华书局,

- 2016:2-197.
- [41] 敦煌市地方志编纂委员会. 重修敦煌县志[J]. 档案, 2018(6):66
- [42] 杨晓军, 张强, 叶培龙, 等. 中国北方2021年3月中旬持续性沙尘天气的特征及其成因[J]. 中国沙漠, 2021, 41(3): 245-255.
- [43] 王乃昂, 赵强, 胡刚, 等. 近2 ka河西走廊及毗邻地区沙漠化过程的气候与人文背景[J]. 中国沙漠, 2003, 23(1):95-100.

## Historical dust event sequence reconstruction in Dunhuang based on history records

Wang Yimeng<sup>1,2</sup>, Fan Yaqiu<sup>3</sup>, Long Chuan<sup>4</sup>, Liu Benli<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Desert and Desertification / Dunhuang Research Station of Gobi Desert Ecology and Environment, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. School of Foreign Languages and Literatures, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 4. Dunhuang Meteorological Administration, Jiuquan 736200, Gansu, China)

**Abstract:** The historical sequence of dust events in Dunhuang, Northwest China, over the past two thousand years was constructed based on 143 historical documents records that distribute in 83 years. We established the relationships between the probability and intensity of dust events in different regions along the dust transport path of ancient Sili Road in the Hexi Corridor. The sequence was then compared with the findings derived from several climate proxy indicators, including tree rings, ice cores, and other relevant proxies in neighboring regions. We also examined the temporal and spatial correlations of strong dust events with changes of climate factors. The results show that the periods characterized by strong and frequent dust events in Dunhuang were predominantly recorded in four phases: 280–351 AD, 1440–1550 AD, 1720–1840 AD, and 1900–1952 AD. These periods align closely with the dusty periods associated with drought and cold climate conditions, as evidenced by natural climatic proxies from the surrounding areas. The availability of documentary records that reflect dust weather is notably limited prior to the 2nd century, between 7th to 14th centuries, as well as the 16th to 17th centuries. To address the gaps in these blank periods, it is imperative to conduct thorough investigations in the dating of extant historical records, and enhance domestic and international collaboration to provide a more comprehensive exploration of the significance inherent in plundered overseas materials. This will yield more data that support the investigation of the climatic history not only in Dunhuang but also in many other regions of Northwest China.

**Key words:** dust event; sand-dust storm; historical document; Hexi Corridor; Dunhuang