

黄河上游积石峡古地震堰塞溃决事件与喇家遗址异常古洪水灾害

吴庆龙^{①*}, 张培震^①, 张会平^①, 叶茂林^②, 张竹琪^①

① 中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室, 北京 100029;

② 中国社会科学院考古研究所, 北京 100710

* E-mail: w_wendell@163.com

收稿日期: 2009-03-31; 接受日期: 2009-05-11

国家自然科学基金(批准号: 40234040, 40801010)和中国地震局地质研究所基本科研业务专项(批准号: JB-07-12)资助

摘要 黄河上游积石峡史前时期发生了一次严重的堰塞事件, 形成了水体达 $11.71 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的古堰塞湖; 山体崩塌是黄河发生堰塞的直接原因, 而地震则很可能是触发山体崩塌的关键因素. 堰塞湖在形成后不久即发生了部分溃决, 造成了洪峰近 $35000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 的异常洪水, 相当于该河段万年一遇洪水流量的 3 倍多; 残余堰塞湖则因泥沙的逐渐淤积而消亡. 年代学研究表明, 这一堰塞及溃决事件发生在大约 1730 B.C., 与其下游 25 km 处黄河岸边喇家遗址毁灭的年代一致. 根据该遗址在很短的时间内先后毁灭于地震和洪水, 可以推测积石峡黄河古堰塞溃决事件与喇家遗址的毁灭存在密切的联系. 流量-水位关系的计算则表明, 黄河上游万年一遇的洪水不能淹没喇家遗址, 而积石峡古堰塞湖的溃决洪水则完全可以将喇家遗址毁灭. 因此, 毁灭喇家遗址的异常洪水并不是气候变化造成的洪水, 而是由强烈地震所诱发的堰塞湖溃决洪水; 也就是说, 地震及其次生堰塞湖溃决洪水共同毁灭了喇家这一齐家文化的重要遗址. 这一发现和研究对认识史前人地关系具有重要的意义.

关键词

黄河
积石峡
古地震
堰塞湖
溃坝
古洪水
喇家遗址

先秦典籍中普遍记录有中国文明起源时期发生灾害性大洪水的传说^[1], 并且大禹是在治理了洪水之后建立了中国历史上第一个国家, 表明中国的国家起源与洪水和治水可能存在着密切的关系, 因此, 有关该问题的研究一直受到中国学者的重视. 尽管中国历史上的学者对洪水和治水的存在几乎都持笃信不疑的态度, 但近代随着西方文化科学的传入, 二十世纪初期许多学者对此表示了怀疑甚至全然否定的态度^[1]. 然而, 随着考古学对中国史前无文字记录的古文化古文明谱系的建立, 大洪水的问题再次进入

了研究者的视野和兴趣^[2-7]. 有考古学家认为山东龙山文化的衰落与长江三角洲良渚文化的消亡均由洪水所造成^[2], 而第四纪地质学家与气候学家在研究中国全新世气候环境的变化中也经常将传说中的大洪水看作是当时气候突变的证据^[8-11]. 但是, 这一异常洪水期在史前中国是否真实地发生过, 其实并没有确凿可靠的证据. 随着第四纪地质学研究方法和手段的进步, 一些古洪水的地质证据和考古证据相继被发现^[12-16]. 黄河上游喇家遗址考古发掘中所发现的强烈地震、异常洪水等群发性灾难性事件^[17-20]是

有关中国史前古灾害最重要的发现, 引起了学术界和公众的广泛关注.

中国现代及历史时期发生的大洪水几乎均由区域性强降雨过程造成, 众多学者因而将传说中的大洪水与气候异常相联系^[9,11]. 但是除降雨之外, 滑坡堵塞河流形成的堰塞湖在发生溃坝时也可以造成河流特大洪水的出现, 而且其洪峰流量可以远远超过降雨成因的洪峰流量^[21]. 1967 年四川唐古栋堰塞湖和 2000 年西藏贡藏布堰塞湖的溃决都产生了惊人的洪峰流量^[22,23]. 近年来, 在中国西南地区的金沙江、雅鲁藏布江等河流均有古堰塞湖被发现^[24-29], 说明虽然历史时期大型河流的堰塞事件是罕见的, 但从地质时间尺度看却是常见的现象. 地震是堰塞湖形成的最主要的诱发因素之一^[30]. 活动造山带的河流不仅具备堰塞湖形成的有利的峡谷地貌条件, 而且造山带发生的强烈地震构成了堰塞湖形成的诱发条件. 地震堰塞湖是地震最主要的次生灾害之一, 其溃决洪水可以造成灾难性的后果, 例如 1933 年四川岷江叠溪和 1786 年四川大渡河的地震堰塞湖的溃决洪水夺去了多达数千至数万人的生命^[31-33]. 既然喇家遗址在很短的时间内先后遭到强烈地震与异常洪水而毁灭, 那么该洪水是否就是由地震在积石峡所诱发形成的堰塞湖溃决洪水呢? 虽然历史时期从未有黄河发生堰塞事件的记载或研究报告, 但黄河上游发育一系列的深切峡谷, 同时又有多条活动断裂发育^[34], 完全具备堰塞发生的条件, 而且黄河上游峡谷与盆地相间的地貌格局还可以使堰塞湖在形成后蓄积巨大的水量.

喇家遗址上游附近即为积石峡和循化盆地. 我们在 2007 年 4 月的考察中发现积石峡西段和循化盆地东部广泛分布着一套以粉砂黏土为主且层理发育的沉积. 通过细致的调查我们确认其为湖相沉积, 指示黄河在这一带曾发生过一次严重的堰塞事件. 由堰塞湖沉积覆盖在二级阶地和更低的地貌部位, 我们推测这一堰塞事件很有可能发生于全新世期间. 那么这一堰塞事件是否与毁灭喇家遗址的异常洪水有关呢?

显然, 要证明积石峡古堰塞湖的溃决洪水是否是毁灭喇家遗址的异常灾难性洪水, 就必须明确回答

3 个问题: (1) 积石峡保存的这套沉积是否为古地震诱发的堰塞湖沉积? (2) 积石峡古堰塞湖的溃决时间是否与毁灭喇家遗址的异常洪水的時間一致? (3) 积石峡古堰塞湖溃决洪水是否可以淹没喇家遗址? 如果这 3 个问题都能得到肯定的回答, 那么就可以推断, 积石峡堰塞古湖的溃坝洪水就是造成喇家遗址彻底毁灭的异常洪水. 本文正是按照这样的思路来揭示地震、洪水与喇家遗址毁灭之间的密切关系.

1 积石峡堰塞古湖的基本地质背景与考古文化背景

青藏高原东北边缘在晚新生代的扩展隆升中形成了一系列的红色沉积盆地^[35-37], 而在更新世伴随着流水的溯源侵蚀和独立沉积盆地的贯穿, 黄河在这一地区出现并发生阶段性的强烈下切和展宽侵蚀, 形成了一系列宽阔河谷和深切峡谷相间的河流地貌^[38,39], 这些侵蚀成因的宽谷在地理上也被称之为盆地.

位于青海省循化县境内的积石峡是黄河上游最重要的峡谷之一, 全长约 23 km, 深度达 1000 m, 地势十分险峻. 其西段出露的地层全部由紫褐色的白垩系陆相沉积岩组成, 而在其东段, 除白垩系沉积岩外, 前寒武系绿片岩亦已大片出露; 其南侧为新生代晚期强烈隆起的积石山花岗岩体^[40], 最高海拔接近 4000 m; 而其东侧和西侧分别为宽谷型的官亭盆地和循化盆地. 官亭盆地东西长约 18 km, 南北最大宽度约 7 km, 形态上近似为三角形; 循化盆地东西长约 32 km, 南北最大宽度约 5 km, 呈狭长形. 循化盆地、官亭盆地及积石峡所在地区新构造运动活跃, 西秦岭断裂在其南部附近穿过, 而拉脊山断裂的东南段则直接穿过积石峡^[41](图 1).

循化盆地和官亭盆地海拔主要在 1700~2000 m 之间, 气候温和, 适宜农业种植和人类生活. 在这两个盆地的阶地上, 分布着大量新石器时代和青铜时代的文化遗址^[42], 表明在史前时期该地区的古文化十分繁荣. 这些文化类型包括仰韶文化、马家窑文化、齐家文化、卡约文化和辛店文化等^[42]. 以灾难遗迹而著名的喇家遗址^[17-19]是齐家文化时期最重要的遗址之一, 就坐落在官亭盆地黄河北岸的二级阶地上(图 1(c)).

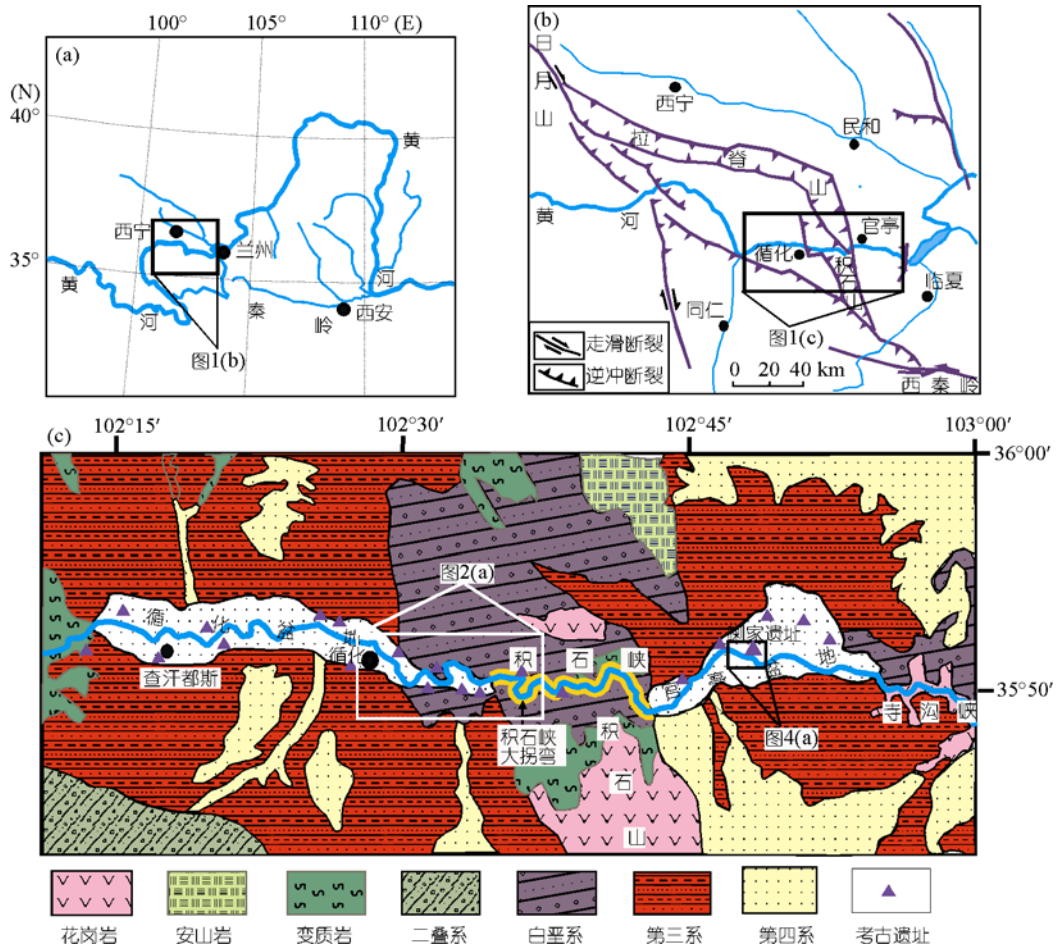


图 1 研究区示意图

(a) 研究区位置; (b) 研究区区域构造^[34]; (c) 循化盆地、积石峡及官亭盆地岩石地层及主要文化遗址的分布^[42]

2 积石峡古堰塞湖的证据

2.1 积石峡古堰塞湖的沉积证据

我们所确认的积石峡古堰塞湖的证据主要是一套层理发育的粉砂黏土沉积, 分布于积石峡大拐弯以西的峡谷段及循化盆地的黄河两岸(图 2)二级阶地或坡麓: 在积石峡峡谷西段的大部分河段, 其分布在坡麓的崩积物上, 而在大拐弯西侧和乙寺日两处, 则主要分布于黄河二级阶地上; 在循化盆地中, 该沉积则主要分布在黄河二级阶地上, 只有很少的一部分分布于坡麓. 该沉积以灰黄色的粉砂黏土为主, 其色调与这一带广泛出露的紫褐色白垩系沉积岩形成鲜明的对比(图 2(b)和(c)); 该粉砂黏土沉积层理非常发育(图 2(d)), 单层的厚度通常在 0.1 m 左右,

最小厚度约 1 mm, 而在大拐弯西侧剖面的底部可以达到 0.5 m. 层理包括水平层理和倾斜层理, 当其覆盖于平坦的地形面上时, 表现为良好的水平层理(图 2(d), (f), (h)和(i)), 而当其直接覆盖在坡面上时, 其层理为倾斜状(图 2(g)), 与坡面平行, 但在剖面向上的垂直方向上倾角会逐渐变缓, 转变为水平层理. 这套沉积的厚度最厚处可达 50 余米, 在二级阶地上可达 30 多米. 其分布的最高位置近似为同一个水平面上; 在积石峡大拐弯处拔河高度约 60 m, 向上游方向则逐渐降低, 到循化县城北岸, 这套沉积顶面的拔河高度约 29 m. 从剖面上看, 该沉积物质地均一, 无任何古土壤发育的痕迹. 在积石峡西段这套沉积的顶部通常出现具交错层理的砂层, 厚度可达 1~2 m, 甚至出现细小的磨圆度良好的砾石层. 在循化盆地, 这套

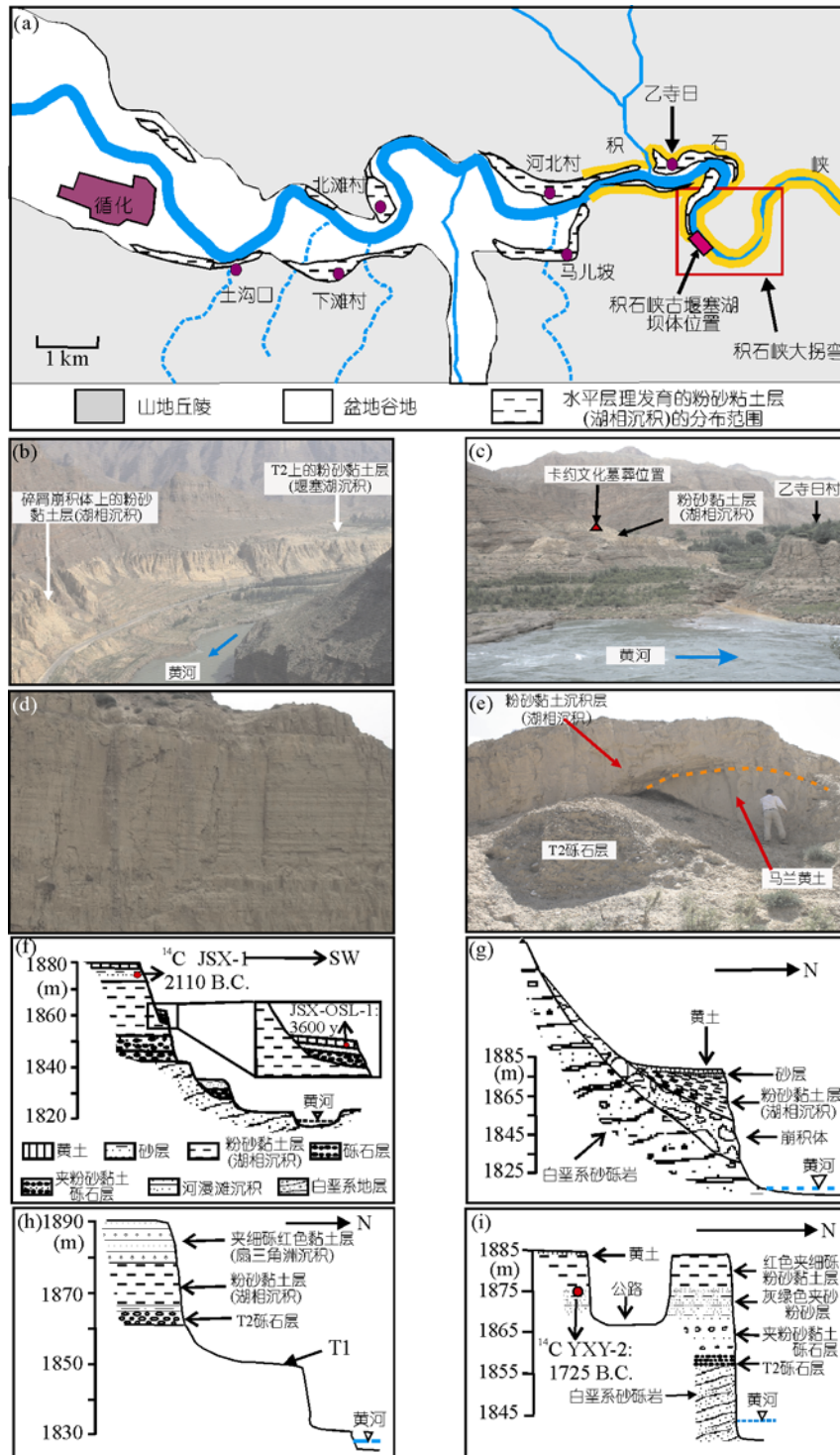


图 2 积石峡堰塞古湖的沉积证据

(a) 积石峡古堰塞湖沉积分布范围; (b) 积石峡大拐弯西侧堰塞湖沉积(镜头向北); (c) 积石峡卡约文化墓葬位置(镜头向北); (d) 积石峡堰塞湖沉积剖面; (e) 循化盆地北滩村剖面; (f) 积石峡大拐弯西侧剖面; (g) 积石峡峡谷南岸剖面; (h) 循化盆地马儿坡剖面; (i) 循化盆地土沟口剖面

沉积往往可以分为上下两个部分,下部是灰黄色粉砂黏土层,质地均一,而上部则为红色的黏土层,并往往夹有细小的砂砾。在循化盆地北滩村二级阶地边缘,还可以见到具水平层理的粉砂黏土层直接压覆在马兰黄土之上(图 2(e)).在这套沉积物之上,一般覆盖着厚度 0.4~0.5 m 具灰钙土特征黄土。

2.2 积石峡古堰塞湖的堰塞体证据

调查发现,在积石峡西段的大拐弯处(图 1(c), 2(a), 3(a))(E102°36', N35°49'50")存在大型的滑坡体和崩积体。崩积体位于黄河南岸,顶面平缓,前缘高于黄河水面 85 m(2007 年 8 月利用美国 Laser Technology Inc 生产的 Trupuls200 激光测高测距仪测得),宽度约 100 m,沿峡谷长度约 300 m,并且顶面向上游方向缓缓降低(图 3(b)和(c)).层理非常发育的粉砂黏土质沉积直接压覆在该坝体上游坡面上,两者之间无任何古土壤发育的痕迹;其底部的层理呈倾斜状态,与堰塞体的坡面完全平行,而向上其产状则逐渐转变为水平;其顶面高于现今黄河水面 60 m;在残留坝体的顶面覆盖有薄层的黄土堆积。该残留坝体的物质均由白垩系地层的岩石碎屑组成,其中直径最大者可达 4~5 m,无任何层理特征。在崩积体的南侧是一大型的由白垩系地层组成滑塌体,其顶面平缓,前缘高于现今黄河水面约 250 m,宽度约 500 m,长度约 600 m;从冲沟下切所暴露的剖面上看,滑塌体主体部分的产状与相邻未滑塌的白垩系岩层发生很大的变化,后者近似呈水平状态,而前者具有近 45°的倾角,且其倾向与坡面相反(图 3(d)),这说明滑塌体在滑动的过程中沿滑动面发生了显著的旋转;而滑塌体主体部分虽然仍然保持很好的层理特征,但岩层却出现了明显的破裂;滑塌体坡面前缘部分则完全破碎化,无任何层理特征(图 3(d)).在该崩塌体的东侧,是另一巨大的滑坡体,由于其顶部覆盖有厚层的马兰黄土,可推断其形成的年代在晚更新世。

3 讨论

3.1 积石峡古堰塞湖湖相沉积与堰塞坝体的确认

这套沉积究竟是在什么环境下形成的,是本研究的关键。从其非常发育的层理特征来看,可以排除其为风成黄土的可能。具有层理特征的粉砂黏土沉

积一般只能在缓慢水流或静水环境下由水体中悬浮质的沉积而形成,因此,对积石峡和循化盆地一带而言,只有在黄河的漫滩洪水或堰塞湖静水条件下才能形成这样的沉积。然而漫滩洪水静水的环境存在显著差别,其相应的沉积也存在显著的区别。

(1) 沉积特征不同。河漫滩沉积是在很短的漫滩洪水过程中形成的,在洪水退后,沉积物因植被的发育会形成土壤结构特征;而堰塞湖沉积发生于水下,且深度较大,沉积层一般不会发育古土壤特征,而这套沉积物质地均一,以粉砂黏土为主要组成,无任何古土壤发育的痕迹特征。河漫滩沉积物是在低能量水动力条件下沉积的,层理界线较不清楚;湖相地层的水平层理之间的界线却非常清楚,而本套沉积的水平层理非常发育,层理界线非常清楚,符合堰塞湖沉积的特点。(2) 沉积厚度存在差别。河漫滩沉积物具有一定的厚度,对黄河而言一般仅数米,并且河漫滩沉积之下一般保存有砂砾层等河床相沉积;而湖相地层则可以在静水条件下不断堆积加厚,形成可达数十米以至更厚的粉砂黏土沉积。积石峡和循化盆地的这套地层厚达几十米,中间无河床粗颗粒沉积层,可以排除它为黄河河漫滩沉积的可能。(3) 沉积物的高程和厚度在空间上的分布不同。河漫滩沉积在沿程方向上的高程与河床纵剖面相平行,且厚度稳定,而堰塞湖沉积厚度可以发生很大的变化,其厚度向上游会逐渐降低。而这套沉积的厚度向上游方向逐渐变薄,其最高分布位置的拔河高度向上游逐渐降低,说明其不符合河漫滩沉积厚度和高程的分布特征,而与堰塞湖沉积的特征一致。因此,我们基本上可以排除这套地层为河漫滩相沉积的可能,而确认它是一套湖相沉积,即堰塞湖沉积。

我们还同时确认积石峡大拐弯处的崩积体(图 3)就是积石峡古堰塞湖的坝体。因为在这一崩积体的上游,堰塞湖沉积几乎连续地分布于黄河两岸的坡麓或阶地上,而在其下游,则不见相应的堆积物;而从形态规模上看,该崩积体残余部分顶面平缓,拔河高度至少达 85 m,高出附近堰塞湖沉积顶面至少 25 m,完全可以堰塞黄河。

3.2 积石峡黄河古堰塞事件的原因分析

积石峡古堰塞湖是由山体崩塌堵塞黄河而形成,

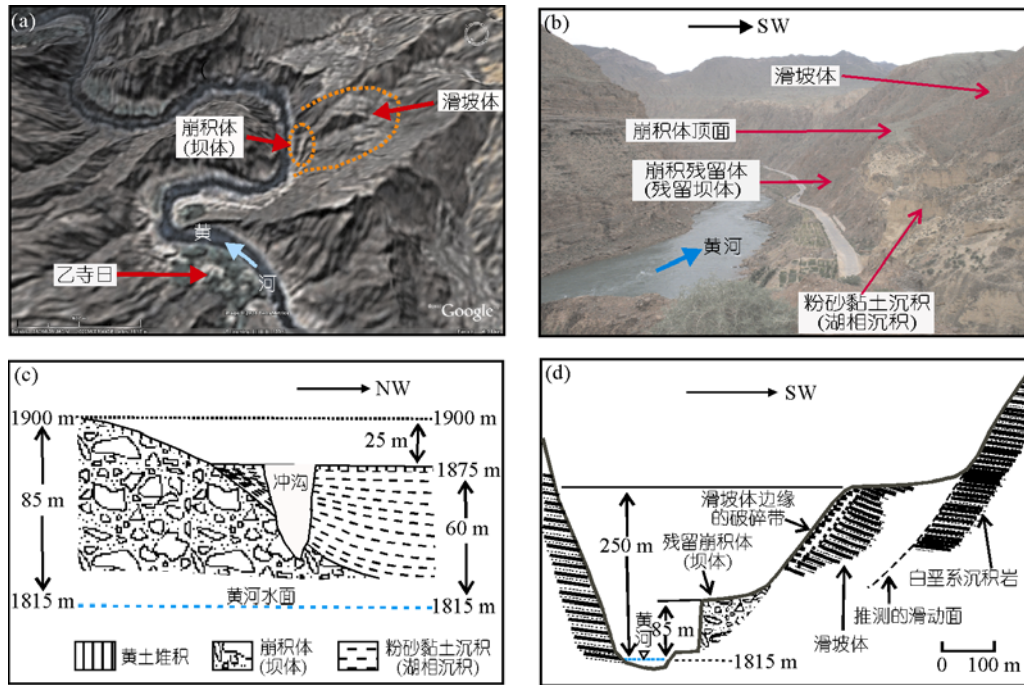


图 3 积石峡大拐弯处的滑坡体和崩塌体

(a) 积石峡大拐弯处滑坡体(视向东南); (b) 残留崩塌体(堰塞体)(镜头向东南); (c) 崩塌体(堰塞坝体)的纵剖面图; (d) 崩塌体(堰塞体)处横剖面图

那么是什么原因引发了山体的崩塌呢? 是坡面发育到不稳定临界值后发生的自然崩塌还是由外界干扰因素触发的崩塌呢? 通过调查研究, 我们推断地震应该是积石峡堰塞事件发生的触发原因。

(1) 积石峡大拐弯南岸的白垩系地层产状不利于滑塌和崩塌的发生。积石峡西段出露的白垩系地层均为砂砾岩和泥岩互层, 胶结良好, 坚硬致密, 不存在显著的岩性变化, 因而也不存在某一隔水层和软弱透水层叠加而形成滑动面; 同时积石峡大拐弯处白垩系岩层的产状倾角很小, 倾向与坡面又相反(图 3(d)), 不存在顺岩层滑塌的有利条件。节理的发育程度和节理面的产状也是影响滑坡的重要因素, 但野外考察发现该白垩系砂砾岩的节理并不发育, 因此推测节理对积石峡大拐弯南岸大型滑坡的影响也是很小的。

(2) 堰塞湖湖相沉积堆积之前积石峡发生了非常广泛的崩积事件。处于堰塞湖范围的积石峡长度约 3 km, 在这段峡谷中非常普遍地发育这样的剖面: 粉砂黏土质的湖相沉积以平行坡面的产状直接压覆在崩积的混杂岩屑上, 崩积岩屑的表层未见任何古土壤发育的痕迹, 而按气候条件此处应该发育灰钙土

类型的古土壤^[43], 表明这些崩积发生的时间与堰塞湖沉积发生的时间间隔非常短暂。而这一接触关系的广泛存在则说明堰塞湖淹没的这一段峡谷同时发生了广泛的崩积。根据经验, 在一条峡谷正常的坡面发育过程中是难以同时产生广泛的滑坡和崩积事件, 而强烈地震则可以完全造成广泛的滑坡、滑塌和岩屑物质在峡谷底部的普遍堆积。2008 年 5 月 12 日中国四川汶川发生的 8 级地震所造成的极为普遍的滑坡和崩塌则为此提供了强有力的现实证据: 例如在震中映秀镇上游岷江峡谷段, 过去为植被覆盖坡面在震后几乎全部为崩塌后新鲜的基岩面和碎屑崩积物所替代或掩埋, 而这样的现象沿地震断裂是很普遍的; 在地震之前, 尽管龙门山地区在夏半年经常出现暴雨, 但所造成的滑坡和崩塌的分布和范围远远无法同这次地震的影响相比较。

(3) 积石峡所在地区具备发生强烈地震的地质条件。积石峡位于青藏高原东北边缘, 属于青藏高原正处于扩展隆升的部分^[35], 该地区地形起伏巨大, 侵蚀强烈, 同时断裂发育, 在其东西两侧的循化盆地和官亭盆地, 均可以见到白垩系沉积地层或变质岩逆

冲于第三系沉积之上, 表明积石峡完全具备发生强烈地震的可能。

因此我们推断, 强烈地震应该是积石峡堰塞湖形成的诱发因素。但此次古地震发震断层的性质如何, 是否造成了地表破裂, 破裂带有多长, 位移有多大, 以及是否存在其它同震变形, 尚需专门的研究作出回答。

3.3 积石峡堰塞古湖的水位、湖水体积与最大溃坝流量

河流堰塞湖一般在湖水上涨漫过坝顶外溢后发生溃决而消亡, 但有些堰塞湖在形成后可以长期地稳定存在。河流天然过程形成的堰塞湖的溃决通常都是渐溃, 而不是瞬时全溃, 其消亡既可以通过一次溃决过程完成^[22], 也可以通过多次部分溃决完成, 甚至多次溃决之后仍然有残余堰塞湖存在^[26]; 有些堰塞湖则不发生溃决而长期存在^[30]。通常, 河流流量越大, 堰塞后发生溃坝的可能性就越大, 溃坝的洪峰流量也越大。对黄河这样的大型河流而言, 堰塞之后不发生溃坝的可能性极小。

从积石峡大拐弯处残留的堰塞坝体(图 3(b)和(d))看来, 其顶部边缘与黄河对岸同一高度的坡面的水平距离仅为 200 m 左右, 且在垂直河流方向上坡度已非常平缓, 若将该面向河道中心延伸, 坡度会更小或者降低为零, 其高程的降低也会很小。因此该残余坝体边缘的高程可以近似代表坝体的鞍部高程, 即堰塞湖的最高水位高程。由于坝体大部分都已经被侵蚀, 坝体的鞍部位置也可能早已被溃决洪水或后期黄河流水侵蚀, 因此实际堰塞湖最高水位可能更高一些, 以现代坝体顶部边缘的高程(拔河 85 m)作为最大水位高程应该是一种比较可靠的选择。从坝体上游坡面堰塞湖沉积顶部高于现今黄河水面 60 m 看来, 可以确定积石峡堰塞古湖在形成后发生了部分溃坝, 且溃决口门深度为 25 m。部分溃决之后形成了水位高程约为 1875 m 的残余堰塞湖, 然后残余堰塞湖被泥沙逐渐淤满后消亡。积石峡堰塞古湖堰塞坝体北侧现今黄河水面海拔高程 1815 m(2008 年 5 月 28 日以 Garmin GPS Map60 多次重复测量得到), 则堰塞湖最高水位高程为 1900 m。假设现今大拐弯上游的地形与堰塞湖形成之前很接近, 则利用美国 SRTM 数据和 Global Mapper 软件可计算出堰塞湖形成后的最

大水体为 $11.71 \times 10^8 \text{ m}^3$ (水位高程 1900 m), 残余堰塞湖水体为 $3 \times 10^8 \text{ m}^3$ (水位高程 1875 m), 则部分溃决时的泄洪总量约为 $8.71 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

根据循化水文站实测数据, 黄河在该站多年平均径流为 $731.47 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 按此流量, 堰塞湖从形成到湖水蓄满外溢只需要约 18.5 天的时间。但是考虑到坝体上游附近堰塞湖沉积底部存在夹大量粉砂黏土质的厚层砾石, 可以推断当时堰塞事件发生时黄河应处于输送悬移质和推移质的洪水过程中, 其流量应该远大于上述年平均径流量。假设堰塞事件发生时黄河的流量相当于现代多年平均值的 3 倍, 那么从堰塞发生到湖水外溢只需要约 6.2 天。由于大型河流上的堰塞湖从湖水开始外泄漫顶到最大溃决流量的出现一般只需要几个小时, 因此, 可以推断积石峡堰塞古湖从形成到溃坝洪峰出现的时间应该大致在 6~20 天之间。

鉴于自然堰塞湖的溃决过程一般不是瞬时全溃而是渐溃, 因此采用经验公式^[44]来计算积石峡堰塞湖的溃坝的最大洪水流量 Q_m :

$$Q_m = 0.3(VD)^{0.49}, \quad (1)$$

其中 Q_m 是溃坝洪峰流量, V 为堰塞湖的溃坝泄流量, D 为溃决形成的口门深度。根据上述研究确定 $D=25 \text{ m}$, $V=8.71 \times 10^8 \text{ m}^3$, 可以计算出积石峡堰塞古湖的溃决洪水最大流量约为 $34892 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。

3.4 积石峡古堰塞湖溃决洪水的发生年代

积石峡古堰塞湖的溃决年代是确定其与下游喇家遗址异常古洪水关系的关键之一, 只有两者的年代一致, 前者才有可能为后者的原因。在进行讨论之前, 我们首先明确堰塞湖几个年代概念之间的关系: 堰塞湖形成之时, 湖泊底部即开始沉积湖相地层, 因此, 湖相沉积的开始年代即为堰塞湖形成的年代; 同时堰塞湖形成到湖水外泄发生溃坝只需要几天的时间, 可知湖相沉积的开始年代也就是堰塞湖溃决发生的年代, 亦即溃决洪水的发生年代。在溃决之后, 残余堰塞湖因逐渐淤积而消亡, 堰塞湖沉积的顶部年代也就是残余堰塞湖结束的年代。

3.4.1 根据黄土堆积厚度推测溃决洪水的大致时代

在考察中发现, 堰塞湖坝体顶面与堰塞湖沉积

物之上均覆盖有风成黄土. 堰塞湖坝体顶部的黄土在堰塞湖形成之后(或溃坝之后)开始堆积, 而堰塞湖沉积之上的黄土是在残余堰塞湖淤满消失之后才开始堆积, 则如果残余堰塞湖的维持时间越长, 则坝体顶部黄土厚度与堰塞湖沉积上的黄土厚度相差就越大. 实际调查表明, 堰塞湖坝体上的黄土厚度大约在 0.3~0.4 m, 堰塞湖沉积上的黄土厚度普遍在 0.4~0.5 m 可知, 两者厚度很接近, 因此可以判断残余堰塞湖维持的时间应该是很短暂的. 据前人研究, 甘肃中部和青海东部地区, 全新世黄土的厚度在 0.3~4.9 m 之间^[45], 大多在 1~2 m 之间, 若黄土在全新世的沉积速率是匀速的, 则可以判断堰塞湖的形成和残余堰塞湖的消失时间都应该大致在全新世中后期.

3.4.2 积石峡堰塞古湖的年代学测定

在本文研究所涉及的积石峡堰塞湖湖相地层中, 可供测年的理想样品非常缺少, 共获得两个碳屑年代样(表 1)和一个光释光年代样. 碳屑 JSX-1 采自于积石峡大拐弯西侧堰塞湖沉积(图 2(f))顶部的砂层中, YXY-2 采自于循化盆地土沟口堰塞湖沉积剖面的中间位置(2(i)). 两个碳屑样品经北京大学考古文博学院和加速器质谱实验室测试和树木年轮校正后, 结果分别为 2210~2010 B.C.($P = 0.911$)和 1830~1620 B.C.($P = 0.851$), 中间值分别为 2110 B.C.和 1725 B.C. 光释光样品 JSX-OSL-1 采自于积石峡大拐弯西侧以堰塞湖沉积为基座的阶地上覆盖黄土的底部(图 2(f)), 经中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室测定结果为(3.6±0.5) ka.

JSX-1 代表了堰塞湖淤满后转变为低能量河流阶段的年代, 从其在剖面中的位置看(图 2(f)), 应代表了堰塞湖淤积结束的年代. YXY-2 采自于堰塞湖沉积的中间位置(图 2(i)), 因此它大致代表了残余堰塞

湖淤积过程的中间年龄. 由于碳屑可能存在搬运再堆积的过程, 沉积物所夹碳屑的测定年龄必然等于或大于其堆积年龄, 因此, JSX-1 的结果不予采用, 而采用 YXY-2 的结果. 光释光 JSX-OSL-1 则代表了残余堰塞湖淤满后黄河在湖相沉积上发生下切的年代, 也近似代表了残余堰塞湖的结束年龄.

3.4.3 考古文化层对堰塞湖年代的限定

如同生物化石一样, 古人类遗留下来的器物或其碎片可以成为断定地层年代的良好依据. 在积石峡乙寺日西侧堰塞湖湖相沉积的顶部, 我们发现两座被毁坏不久的古文化墓葬(图 2(c)), 其随葬的陶器碎片显示它们属于卡约文化. 由这两座墓葬打破了堰塞湖的沉积, 因此, 堰塞湖的发育时间不会晚于卡约文化结束的年代^[42,46], 即大约 600 B.C. 同时, 在积石峡南侧的堰塞湖堆积顶部又出土一件完整陶器, 经鉴定确认为齐家文化的遗存, 由此又可以确定积石峡堰塞古湖的结束年代不会晚于甘青地区齐家文化的结束年代, 根据考古 ¹⁴C 测年数据, 齐家文化的跨度约为 2183~1630 B.C.^[46], 可以认为堰塞湖结束年代不会晚于约 1630 B.C., 与上述光释光测年结果一致.

3.4.4 根据积石峡堰塞湖的淤积速度来推断堰塞湖的形成和溃决年代

本文年代研究的目的是确定堰塞湖形成和溃决的时代. 由前面的分析可知, 堰塞湖从形成到溃决发生只需要几天时间, 因此, 从年代学的意义上可以认为堰塞湖形成与溃决洪水发生的时代是相同的. 但是由于堰塞湖沉积层的底部未发现合适的测年样品, 也未在堰塞湖沉积层底部发现任何考古文化的遗物, 因此, 我们未能直接测定堰塞湖形成的绝对年代. 但是, 在已知剖面厚度或残余堰塞湖容积的条件下, 如

表 1 积石峡堰塞古湖 ¹⁴C 加速器测年结果^{a)}

野外编号	室内编号	采样地点	样品特征	¹⁴ C 年代 /a BP	树轮校正后年代(B.C.)	
					2σ(95.4%)	
					区间	概率
JSX-1	BAO7488	积石峡 大拐弯	碳屑	3720 ± 40	2280~2250	0.024
					2210~2010	0.911
					2000~1970	0.019
					1880~1840	0.103
YXY-2	BAO7489	土沟口	碳屑	3425 ± 35	1830~1620	0.851

a) 所用 ¹⁴C 半衰期为 5568 年, a BP 为距 1950 年的年代

果能得到堰塞湖的沉积速率, 则可以结合上述绝对测年结果推算出堰塞湖形成的年代。

在土沟口剖面(图 2(i))中, 堰塞湖沉积剖面中间位置的年代约为 1725 B.C., 而根据考古遗存其顶部年代又不晚于齐家文化结束年龄(即大约 1630 B.C.), 则剖面上半部分的淤积时间应小于等于约 95 年。如果假设该剖面在垂直方向的沉积速率是匀速的, 那么剖面下半部分沉积所需要的时间也应该小于等于 95 年。由此将这一年代数值前推, 即可得到剖面底部的年代大约在 1820 B.C.~1725 B.C.之间。

中国的地理学家曾根据黄河下游不同时期发育的冲积扇推算过不同时期黄土高原年平均侵蚀量^[47], 其中全新世中期(距今 6000~3000 年)的年平均侵蚀量(9.75 亿吨)相当于 20 世纪年平均侵蚀量(约 16.5 亿吨)的 59%, 说明自然因素对侵蚀有着重要的影响。位于积石峡下游约 65 km 黄河刘家峡水库 1968~1993 年平均淤积量为 $0.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[48], 由于积石峡与刘家峡水库库尾之间没有较大的支流汇入, 流域面积也无显著变化, 这两处的黄河泥沙通量可以认为近似相同。若黄河上游产沙变化与中游黄土高原的产沙变化过程相似, 即全新世中期(距今 6000~3000 年)的产沙量均相当于现代输沙量的 59%, 那么积石峡残余堰塞湖(体积 $3 \times 10^8 \text{ m}^3$)的年淤积量应该大致在 $0.295 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右, 按照水体体积 $3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 计算, 残余堰塞湖完全淤满只需要约 10 年时间。则将土沟口碳屑样品 YXY-2 的年龄结果前推 5 年, 即得到堰塞湖形成的时间约为 1730 B.C.

以上推算得到的两个年代结果中, 前者具有更大的不确定性, 因此选择后者 1730 B.C. 作为积石峡堰塞古湖的形成年代, 亦即溃决洪水发生的年代。显然, 它与喇家遗址的毁灭年代(约 3650 a BP 或 1700 B.C.)^[19] 的差别是很小的, 与 ^{14}C 测年的误差范围相当, 是可以予以忽略的。因此, 可以认为积石峡古堰塞湖溃决洪水的发生年代与喇家遗址毁于异常洪水的年代是一致的。

3.5 积石峡堰塞湖溃坝洪水与喇家遗址毁灭的关系

积石峡在震诱发形成堰塞湖若干天之后产生溃决洪水的, 这与喇家遗址在遭受地震之后数天又为异常洪水毁灭的特点是一致的, 而上述年代学的

研究结果又表明积石峡地震诱发堰塞湖的形成时间与喇家遗址毁灭的时间一致, 因此可以推断: 积石峡古堰塞湖的溃决洪水应该就是毁灭喇家遗址的异常洪水。但是, 要最终确认这一关系, 还需要流量-水位关系的计算来提供证据。

3.5.1 黄河上游循化-大河家段万年一遇的洪水流量

过去的研究认为气候变化造成的黄河异常洪水毁灭了喇家遗址, 并且在喇家遭受地震之后的近 1000 年中发生多次类似的洪水^[19,20]。但是在一定气候条件下, 暴雨成因的最大洪水流量是存在极限的, 全新世期间黄河上游官亭段出现的最大洪水流量不应超过以频率计算得到的万年一遇的洪水流量, 更不可能出现多次万年一遇或超过万年一遇流量的洪水。黄河三门峡-小浪底古洪水的地质证据表明全新世最大洪水($42900 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)^[49] 没有超过以频率计算得到的万年一遇的流量($52300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)^[50], 说明以万年一遇洪水流量作为全新世洪水流量的上限是具有可信性的。由于缺乏数据, 我们未能计算黄河官亭段万年一遇的洪水流量。水利学家曾计算过黄河中游 5 个站点万年一遇的洪水流量^[50], 结果显示万年一遇洪峰流量与实测或调查得到的最大洪峰流量之间存在良好的线性相关, 两者之间的比值很接近, 在 1.45~1.76 之间, 平均比值为 1.65。我们认为这一比值也适用于黄河上游, 则由黄河上游大河家(距喇家 5 km)已知最大洪水流量 $6770 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ^[50], 可计算出黄河官亭段万年一遇的洪水流量约为 $11172 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。

3.5.2 官亭盆地喇家遗址段黄河流量-水深关系

大量实测资料表明河流的流量与水深可以表示为简单的指数关系 $Q = c H^{\beta}$ ^[51], 由于官亭盆地无水文测站, 本文选择喇家上游 35 km 处循化水文站 1981 年的资料^[52] 拟合, 得到

$$Q = 79.89H^{2.14} \quad (2)$$

由于循化水文站河段的河床比降约为 5‰, 而喇家遗址处黄河河床的比降约为 2‰, 因此需要通过曼宁公式^[51] 来修正, 由此得到适用于黄河喇家段的流量水位关系:

$$Q = 50.53H^{2.14} \quad (3)$$

由此可以计算出暴雨成因的黄河万年一遇洪水

在喇家一带相应的水深为 13.08 m, 而积石峡古堰塞湖的溃决洪水的洪峰流量相应的水深为 22.49 m.

3.5.3 万年一遇洪水与积石峡堰塞湖溃坝洪水对喇家遗址的影响比较

喇家遗址位于官亭盆地黄河北岸现今二级阶地上(图 4), 该二级阶地以第三系红色沉积为基座, 上覆厚度约 3 m 的砾石层和 3 m 的河漫滩相沉积, 漫滩沉积之上为厚约 7 m 的灰黄色马兰黄土, 最顶部则是厚约 1 m 的灰黑色粉砂质古土壤层. 在马兰黄土与灰黑色古土壤层之间, 是齐家文化时期古人生活的地面. 过去的研究曾将二级阶地砾石层与顶部灰黑色粉砂质土壤层之间的沉积全部看作是河漫滩沉积^[19,20], 我们认为应区分出马兰黄土. 激光测高测距仪测得喇家遗址附近的一级阶地高于现今黄河水面约 10 m, 喇家村地面高于一级阶地约 22 m(图 4(b)). 由于齐家文化时代古人的居住的地表在现今地表以下约 1 m 处, 因此喇家遗址古人的生活面比现今一级阶地地面高约 21 m. 现代黄河河床高程并不能代表喇家遗址古人生活时的河床高程. 根据黄河上游干流及其主要支流的新石器文化(包括齐家文化)的遗址现今几乎全部分布于二级阶地或更高的地貌面上, 而一级阶地上最早出现的遗址为青铜时代的卡约文化或辛店文化, 且数量很少, 可以推断一级阶地在齐家文化时期尚未形成, 现今的一级阶地地面在当时正处于河漫滩或河床发育状态, 因此喇家遗址古人生活的地面比当时的黄河河床高约 21 m.

根据喇家遗址时代的地貌条件, 气候暴雨成因

的万年一遇的洪水深度仅 13.08 m, 其水位距古人生活的地面尚有约 8 m 的距离, 不能淹没遗址; 而积石峡堰塞湖溃决洪水的深度达 22.49 m, 超过遗址古地面约 1.5 m, 完全可以将其毁灭. 由此可以判断, 积石峡的古地震堰塞湖溃决洪水就是导致喇家遗址毁灭的异常洪水.

4 结论

考古证据表明喇家遗址在很短的时间内先后毁于强烈地震和异常洪水, 而地震与洪水的相继发生是一种巧合还是存在必然的联系, 以往的研究并未予以回答. 我们通过对所发现的积石峡古堰塞湖细致的考察、研究和分析, 确认它们存在密切的联系, 毁灭喇家遗址的异常洪水实际就是地震所诱发的黄河堰塞湖的溃决洪水. 主要结论如下:

(1) 1730 B.C.前后, 黄河在其上游积石峡发生过一次严重的堰塞事件, 形成了一个湖水体积的 $11.71 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的大型堰塞湖; 强烈地震应该是这一堰塞事件发生的触发因素; 堰塞湖在形成后不久就因湖水漫坝而发生了部分溃坝, 形成了流量巨大的异常洪水.

(2) 积石峡堰塞湖溃决洪水的发生年代与其下游附近喇家文化遗址的毁灭年代一致, 并且溃决洪水的水位也可以超过喇家遗址, 因此积石峡堰塞古湖的溃坝洪水应该是喇家遗址被彻底毁灭的重要原因之一; 而全新世期间暴雨成因的黄河洪水难以对喇家遗址造成毁灭性的影响. 喇家遗址的毁灭实际上是由强烈地震及其诱发的次生堰塞湖溃坝洪水共同造成.

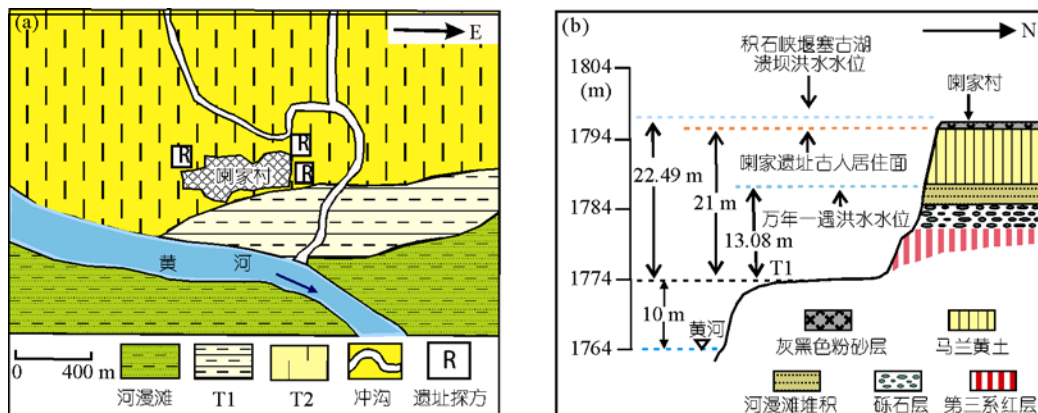


图 4 喇家遗址示意图

(a) 喇家遗址平面图; (b) 喇家遗址地貌沉积剖面及水位示意图

野外考察表明, 喇家遗址的古灾害问题是复杂的, 一些现象仍然需要深入的研究去回答. 强烈地震有时会引起次生灾害以复杂的链式反应的方式发生, 从而对人类产生极大的灾难性后果. 2008年5月12日四川汶川大地震给北川县城带来了毁灭性的灾难, 地震及其诱发的滑坡、堰塞湖溃决洪水、泥石流等灾害在几个月内相继发生并彻底毁灭了昔日繁荣美丽

的北川县城, 而这一毁灭过程在某种程度上或许正是史前喇家遗址毁灭的重现. 观察总结现代灾难性的地表过程是非常重要的, 是认识史前自然灾害的重要途径; 而了解史前发生的灾害过程反过来又会为我们认识现代和未来的自然灾害提供更广阔的视野, 为我们正确把握自己在地球上的位置, 为我们选择更合理的生存方式提供重要的启示.

致谢

中国水利电力科学研究院总工程师陆吉康先生对本文研究中溃坝流量的计算给予了热忱的指导, 北京大学考古文博学院吴小红教授在年代学问题上予以重要帮助, 中国科学院地质与地球物理研究所吕厚远研究员在研究中予以了特别的鼓励; 中国地震局地质研究所高建国、冉永康、陈杰、尹功明、甘卫军、万景林研究员、王伟涛博士、兰州地震研究所袁道阳研究员、北京大学环境学院崔之久先生、莫多闻和夏正楷教授、中国水利电力科学研究院徐海亮先生、中国科学院资源环境中心陆中臣先生、兰州大学陈发虎教授、南京大学鹿化煜教授、中国社会科学院考古研究所谢端琚先生、齐乌云博士、中国科学院地理科学与资料研究所杨逸畴先生、信忠保博士在研究过程中给予了诸多的批评、鼓励和帮助; 中国地震局地球物理研究所陆斌博士在野外考察中给予重要协助; 几位匿名审稿人提出富于建设性的意见, 使本文中许多错误和缺点得以改正; 在此一并致以诚挚的感谢.

参考文献

- 1 宋正海, 高建国, 孙关龙, 等. 中国古代自然灾异群发期. 合肥: 安徽教育出版社, 2002. 2—40
- 2 俞伟超. 龙山文化与良渚文化衰变的奥秘. 文物天地, 1992, 3: 27—28
- 3 周述春. 试论鲧禹治水. 人民黄河, 1992, 14(3): 52—56
- 4 王恩涌. 大禹治水神话的地理透视. 1993. 百科知识, 1993, 6: 62—63
- 5 王清. 大禹治水的地理背景. 中原文物, 1999, 1: 32—42
- 6 任美镠. 4280 a B.P. 太行山大地震与大禹治水后(4070 a B.P.) 的黄河下游河道. 地理科学, 2002, 22(5): 543—545
- 7 吴文祥, 葛全胜. 夏朝前夕洪水发生的可能性及大禹治水真相. 第四纪研究, 2005, 25(6): 741—749
- 8 杨怀仁. 古季风、古海面与中国全新世大洪水. 见: 么枕生, 主编. 气候学研究——气候与中国气候问题. 北京: 气象出版社, 1993. 194—204
- 9 施雅风, 孔昭宸, 王苏民, 等. 中国全新世大暖期的气候波动与重要事件. 中国科学 B 辑, 1992, 22(12): 1300—1308
- 10 洪业汤, 江洪波, 陶发祥, 等. 近 5 ka 温度的金川泥炭 $\delta^{18}\text{O}$ 记录. 中国科学 D 辑: 地球科学, 1997, 27(6): 525—530
- 11 王绍武, 黄建斌. 全新世中期的旱涝变化与中华古文明的进程. 自然科学进展, 2006, 10(10): 1238—1344
- 12 朱诚, 宋健, 尤坤元, 等. 上海马桥遗址文化断层成因研究. 科学通报, 1996, 41(2): 148—152
- 13 夏正楷, 王赞红, 赵春青. 我国中原地区 3500a B.P. 前后的异常洪水事件及其气候背景. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2003, 33(9): 881—888
- 14 张明华. 良渚文化消亡的原因是洪水泛滥. 江汉考古, 1998, 1(总 66): 62—65
- 15 袁广阔. 关于孟庄龙山城址毁因的思考. 考古, 2000, 3(总 390): 39—44
- 16 韩嘉谷. 河北平原两侧新石器文化关系变化和传说中的洪水. 考古, 2000, 5(总 392): 57—67
- 17 中国社会科学院考古研究所, 青海文物考古研究所. 青海民和史前喇家遗址的发掘. 考古, 2002, 7(总 418): 3—5
- 18 中国社会科学院考古研究所甘青工作队, 青海省文物考古研究所. 青海民和县喇家遗址 2000 年发掘简报. 考古, 2002, 12(总 423): 12—28
- 19 夏正楷, 杨晓燕, 叶茂林. 青海喇家遗址史前灾难事件. 科学通报, 2003, 48(11): 1200—1204
- 20 杨晓燕, 夏正楷, 崔之久. 黄河上游全新世特大洪水及其沉积特征. 第四纪研究, 2005, 25(1): 80—85
- 21 O'Connor J E, Costa J E. The world's largest floods, past and present: their causes and magnitudes. U.S. Geological Survey Circular 1254, 2004

- 22 冯焱, 夏毓常, 陈愈炯. 雅砻江天然坝的溃坝洪水和溃坝过程. 水利发电学报, 1994, 4(总 47): 61—69
- 23 吕杰堂, 王治华, 周成虎. 西藏贡易滑坡堰塞湖的卫星遥感监测方法初探. 地球学报, 2002, 23(4): 363—368
- 24 陈智梁, 孙志民, Royden L H, 等. 四川泸定昔格达组的堰塞湖成因及其意义. 第四纪研究, 2004, 24(6): 614—620
- 25 刘宇平, Montgomery D R, Hallet B, 等. 西藏东南雅鲁藏布大峡谷人口处第四纪多次冰川阻江事件. 第四纪研究, 2006, 26(1): 52—62
- 26 王兰生, 杨立铮, 王小群, 等. 岷江叠溪古堰塞湖的发现. 成都理工大学学报(自然科学版), 2005, 32(1): 1—11
- 27 Ouimet W B, Whipple K X, Royden L H, et al. The influence of large landslides on river incision in a transient landscape: Eastern margin of the Tibetan Plateau (Sichuan, China). *GSA Bull*, 2007, 119(11-12): 1462—1476
- 28 赵希涛, 曲永新, 张永双, 等. 滇西北丽江地区石鼓古湖的发现及其在现代金沙江河谷发育中的意义. 地质通报, 2007, 26(8): 960—969
- 29 张永双, 赵希涛, 胡道功. 滇西北德钦地区金沙江奔子栏古堰塞湖的发现及意义. 地质通报, 2007, 26(8): 970—975
- 30 聂高众, 高建国, 邓砚. 地震诱发的地震堰塞湖初步研究. 第四纪研究, 2004, 24(3): 293—301
- 31 柴贺军, 刘汉超, 张俾元. 一九三三年叠溪地震滑坡堵江事件及其环境效应. 地质灾害与环境保护, 1995, 6(1): 7—17
- 32 国家地震局震灾防御司. 中国历史强震目录(公元前 23 世纪—公元 1911 年). 北京: 地震出版社, 1995. 309
- 33 Dai F C, Lee C F, Deng J H, et al. The 1786 earthquake triggered landslide dam and subsequent dam-break flood on the Dadu River, southwestern China. *Geomorphology*, 2005, 65(3-4): 205—221[[doi](#)]
- 34 袁道阳, 张培震, 刘百麓, 等. 青藏高原东北缘晚第四纪活动构造的几何图像与构造转换. 地质学报, 2004, 78(2): 270—278
- 35 张培震, 郑德文, 尹功明, 等. 有关青藏高原东北缘晚新生代扩展与隆升的讨论. 第四纪研究, 2006, 26(1): 5—13
- 36 方小敏, 李吉均, 朱俊杰, 等. 甘肃临夏盆地新生代地层绝对年代测定与划分. 科学通报, 1997, 42(14): 1457—1471
- 37 袁道阳, 张培震, 方小敏, 等. 青藏高原东北边缘临夏盆地晚新生代构造变形及过程. 地学前缘, 2007, 14(1): 243—250
- 38 李吉均, 方小敏, 马海洲. 晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起. 中国科学 D 辑: 地球科学, 1996, 26(4): 316—322
- 39 Li J J, Fang X M, van der Voo R, et al. Magnetostratigraphic dating of River Terraces: Rapid and intermittent incision by the Yellow River of the northeastern margin of the Tibetan Plateau during the Quaternary. *J Geophys Res*, 1997, 102(D): 10121—10132[[doi](#)]
- 40 郑德文, 张培震, 万景林, 等. 构造、气候与砾石——以积石山和临夏盆地为例. 第四纪研究, 2006, 26(1): 63—69
- 41 袁道阳, 张培震, 雷中生, 等. 青海拉脊山断裂带新活动特征的初步研究. 中国地震, 2005, 21(1): 93—102
- 42 国家文物局. 中国文物地图集. 北京: 中国地图出版社, 1996. 13—23, 60—61
- 43 胡双熙, 张维祥, 张建民, 等. 甘青宁地区灰钙土的成土特点. 兰州大学学报(自然科学版), 1990, 26(3): 127—136
- 44 Cenderelli D A. Floods from natural and artificial dam failures. In: Wohl, E. E. ed. *Inland Flood Hazards*. New York: Cambridge University Press, 2000. 73—103[[soi](#)]
- 45 陈发虎, 张维信, 等. 著. 甘青地区的黄土地层学与第四纪冰川问题. 北京: 科学出版社, 1993. 17
- 46 谢端琚. 甘青地区史前考古. 北京: 文物出版社, 2002. 115
- 47 景可, 陈永宗. 黄土高原侵蚀环境与侵蚀速率的初步研究. 地理研究, 1983, 2(2): 1—11
- 48 郭家麟, 张绍堂. 刘家峡水库坝前泥沙淤积过程及现状. 大坝与安全, 1993, 4(总 26): 25—27
- 49 Yang D Y, Yu G, Xie Y B, et al. Sedimentary records of the large Holocene floods from the middle reaches of the Yellow River, China. *Geomorphology*, 2000, 33(1-2): 73—88
- 50 史辅成, 易元俊, 慕平, 编著. 黄河历史洪水调查、考证和研究. 郑州: 黄河水利出版社, 2002. 17, 210
- 51 王兴奎, 邵学军, 王光谦, 等, 编著. 河流动力学. 北京: 科学出版社, 2004. 276, 279
- 52 水利电力部黄河水利委员会. 中华人民共和国水文年鉴, 1981 年, 第 4 卷: 黄河流域水文资料, 第 1 册(上册), 黄河上游区上段(黑山峡以上). 刊印, 1983 年 4 月出版