

一九三三年叠溪地震滑坡堵江事件 及其环境效应^{*}

柴贺军 刘汉超 张倬元

(成都理工学院工程地质研究所, 成都 610059)

摘要 1933年8月25日叠溪发生7.5级强震, 不仅使千年古城叠溪和邻近村寨被毁, 人畜大量伤亡, 道路、桥梁破坏甚多, 而且极震区内地表变形破坏剧烈, 岷江及其支流两岸出现大量滑坡、崩塌, 堵江形成十余座天然堆石坝和堰塞湖。本文主要论述这次地震引起的滑坡堵江事件所产生的各种灾害及环境效应。

关键词 地震 滑坡堵江 环境效应

1 一九三三年叠溪地震概况

1933年8月25日(民国二十二年农历七月初五日)15时50分30秒, 四川省茂县叠溪发生7.5级地震, 震中位于北纬32°, 东经103.7°。有感范围北至西安, 东到达县, 西抵阿坝, 南达昭通。地震造成山崩城陷, 岷江断流, 积水成湖(当地人称之为“海子”), 人畜伤亡惨重, 据不完全统计, 地震造成6865人死亡。

1.1 地震构造条件及应力场

叠溪地区的区域构造和地震所造成的地面破坏, 揭示了发震构造和应力场。如图1所示, 东起叠溪, 西至刷经寺有一条区域性的深部隐伏构造断裂带。这条东西向的隐伏构造与北西向的松平沟断层似乎交汇于叠溪。因此, 在这种特殊的构造部位是应力积累和发震的有利部位。叠溪、较场和松平沟一带的X型地裂缝和蚕陵山地震断层表明,

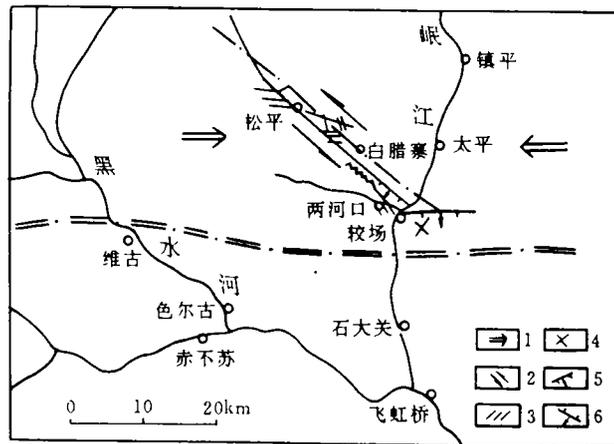


图1 叠溪地震构造应力示意图

1. 主压应力; 2. 剪切力偶; 3. 地震雁行张裂缝;
4. X型地裂缝; 5. 蚕陵山断层; 6. 压扭性断层

Fig. 1 Schematic diagram of tectonic stress of Diexi earthquake

* 本研究获国家自然科学基金资助。

本区现代主压应力场的方向为近东西向。在近东西向构造应力场作用下,NW 向的松平沟断层中应力逐渐积累,当其超过断层带抗剪强度时,便产生反扭错动而发震。从地震崩塌、滑坡和地裂缝的发育程度看,由南东向北西有明显减弱的趋势,因此,断层破裂部位应在较场附近,蚕陵山地震断层应是松平沟断层的张性折尾。

1.2 烈度分布

根据震区房屋建筑物破坏情况、地面破坏强烈程度、人的感觉等,四川省地震局编制出叠溪地震等烈度线图(图 2)*。这次地震的等烈度线长轴呈 NW 向展布。极震区的长轴方向为 N60°W,与发震断层的走向基本一致,似不规则椭圆形。宏观震中位于叠溪,震源深度 15km。

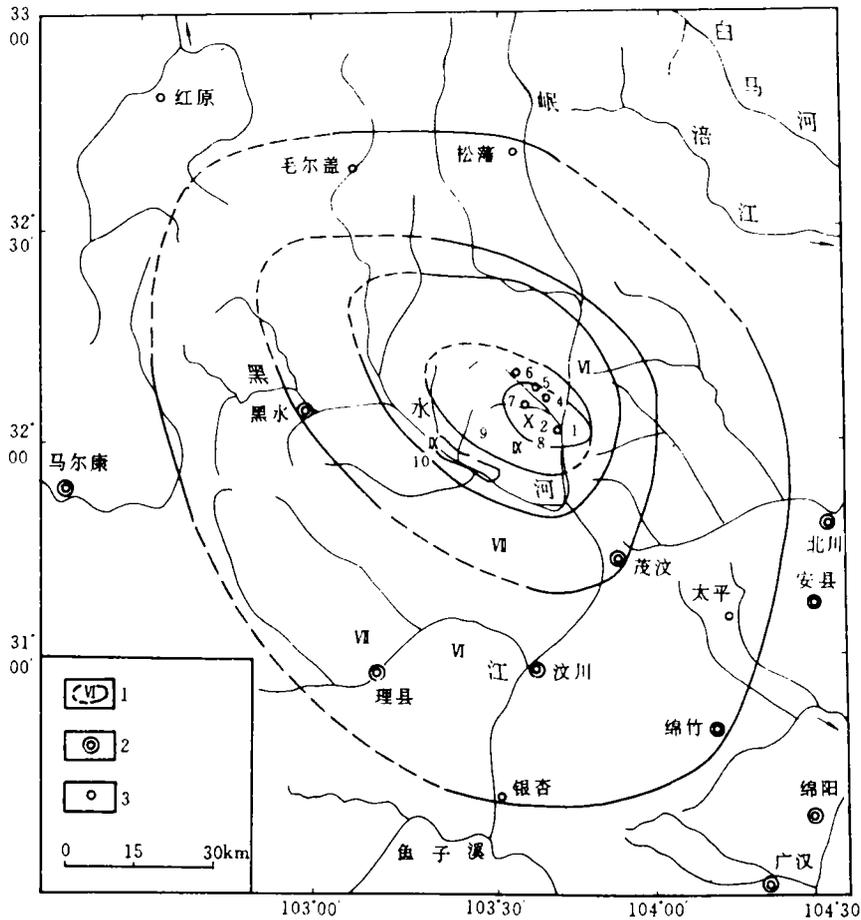


图 2 1933 年 8 月 25 日叠溪 7.5 级地震等烈度线图(据四川省地震局)

1. 等烈度线; 2. 县城; 3. 村镇

地名: 1. 叠溪; 2. 较场; 3. 猴儿寨; 4. 下木石坝; 5. 白腊寨;

6. 娃儿铺; 7. 大和尚寨; 8. 小寨; 9. 色尔古; 10. 维古

Fig. 2 Contour of intensity of Diexi earthquake, August. 25, 1933

* 四川省地震局,一九三三年叠溪地震调查报告。

1.3 地震的直接危害

此次地震是岷江上游历史上破坏最严重的一次地震。据常隆庆《四川叠溪地震调查记》*等资料记载,这次地震的震害情况是:“(地震)势如汹涌,松平群山倒塌,岷江上游河流阻塞,松茂大道已无通路,人员伤亡,财产损失为数极巨,全屯均受波及,房屋、墙垣、道路、桥梁破坏甚多,叠溪镇全部陷落,实空前未有之奇祸。”

极震区烈度为 X 度,面积约 290km²,造成 6865 人死亡,1925 人受伤,房屋倒塌 5180 间。极震区内发生大规模的崩塌、滑坡,致使岷江及其支流十几处被堵塞,造成了巨大灾害。

2 地震滑坡堵江

极震区最突出的震害是地面破坏剧烈,以山崩滑坡为主,沿岷江河谷及右岸支流(松平沟、鱼儿寨沟、水磨沟)都出现了大规模的山崩和滑坡。崩滑体堵塞河谷形成天然堆石坝,积水成十余个海子,至今仍存八个,如图 3 所示,其中以岷江上的大、小海子规模最大。

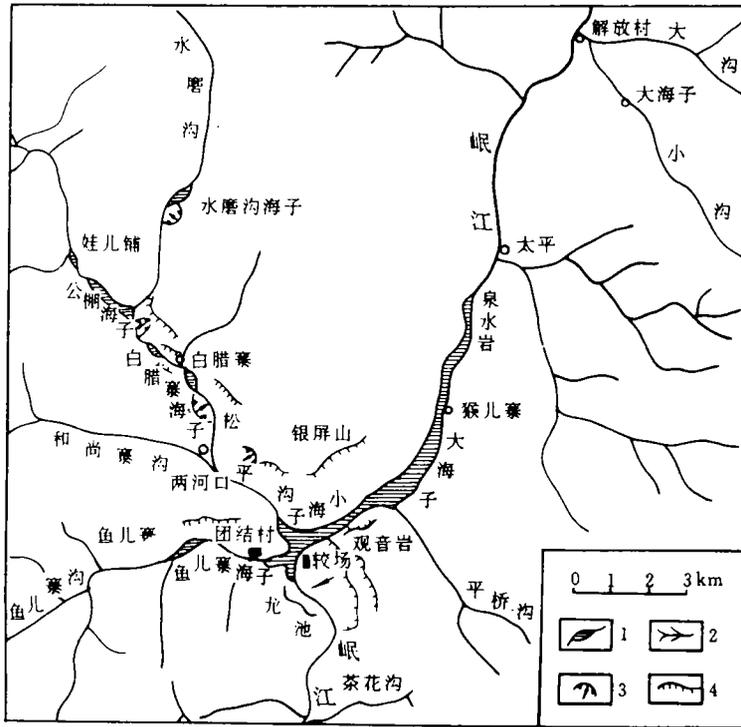


图 3 叠溪地震滑坡及堰塞湖分布图

1. 海子(堰塞湖); 2. 河流; 3. 滑坡; 4. 崩塌

Fig. 3 Distribution map of landslides and checked-up lakes by Diexi earthquake

2.1 叠溪—较场台地滑坡堵江

* 成都水力发电勘测设计局,岷江上游踏勘报告—地质与地震,1955.

叠溪—较场台地滑坡北起蚕陵山地震断层,南至原叠溪城南的洗澡塘,东到后缘基岩山体,西临岷江,海拔2200—2300m,地貌上北高南低,为一圈谷地貌(图4)。后缘基岩山体陡峭,出露地层为C、P₁、T_{1b}、T_{2z}和第四系。滑坡前缘陡峭,高出江面100—200m。整个滑坡长约800m,宽约2000m,面积约3.3km²,平均厚度150m,总体积约1.5×10⁸m³。

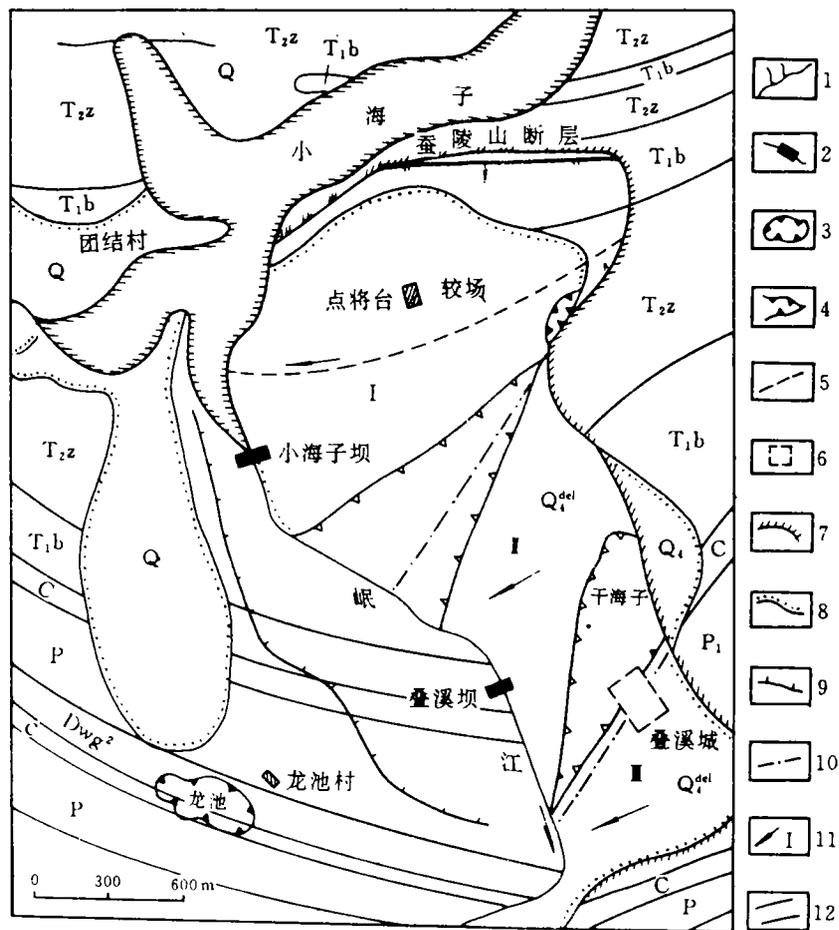


图4 叠溪—较场滑坡平面图

1. 河、湖; 2. 堵江处; 3. 洼地; 4. 拉陷坑和沟; 5. 古崩塌体南界线; 6. 叠溪城址;
7. 滑坡边界; 8. 基岩界线; 9. 陡崖; 10. 滑坡分块界线; 11. 滑块标号与滑动方向; 12. 地层界线

Fig. 4 Plan of Diexi—Jiaochang landslide

叠溪—较场台地滑前呈半圆形,南北长约2.5km,东西最宽约1km,南部稍高,略成缓坡,叠溪城在其南端,北端平台中心有较场坝村,大震前为山地中的一个大平坝。地震时,台地发生整体滑动,解体为三个块体,即I、II、III滑块(图5)。

I滑块又称较场滑块,位于整个台地北部。其范围北起蚕陵山断层,南至较场村南的陡坎,东临后缘山体,西以岷江为界,面积约占整个台地的1/2。台地下部出露棱角状岩块,最大直径2m,成分与后缘山体岩石相同,当属古崩塌堆积物。从江右岸一高70m的堆积小丘推断,古崩塌体曾有过堵江,并有堰塞沉积物残留。在台地南侧边缘和点将台一带出现巨大岩块,直径可

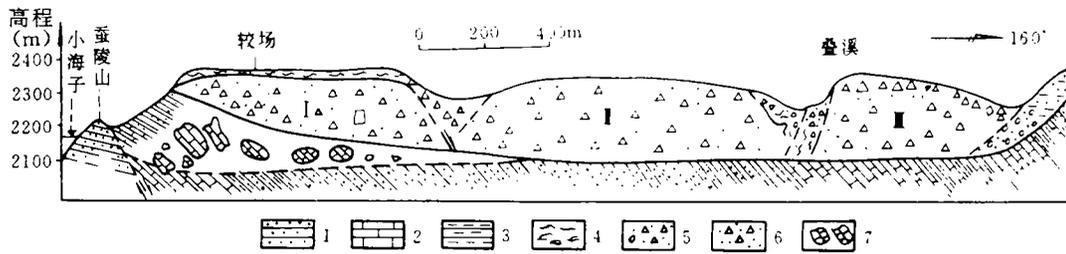


图5 叠溪—较场滑坡横剖面图

- 1. 砂岩；2. 灰岩；3. 千枚岩；4. 湖相沉积物；5. 洪积物；
- 6. 崩塌物；7. 似层状岩体的滑坡物质

Fig. 5 Cross section of Diexi—Jiaochang landslide

达3—4m,随着台地滑动,岩层反倾坡内,其产状为 $172^{\circ}/NEE\angle 26^{\circ}$ 。地台上部和表面,为古滑坡堵江形成的堰塞湖,湖相沉积物一般厚12—17m,最大厚度约30m,纹理清晰,近水平产出。点将台南侧可见拉裂现象,层理发生倾斜,倾角 2° (图6)。

滑坡后缘为一拉裂沟槽,宽56m,深35m。沟壁上可见残留的湖相沉积物。根据残留物顶缘和现台地顶面的高差,不难看出震后台地垂直滑动了约34m,如图7所示。

较场台地上出现一系列南北向和东西向的隆起和凹陷,蚕陵山断层上盘可见到与之相对应的拉裂缝。点将台拉裂沟槽南宽北窄,最宽处800m,而点将台处只有几十厘米,说明台地在滑动过程中有过顺扭。

滑坡滑动方向为 280° ,最大水平滑距136m,垂直滑距34m,坡体滑移与对岸山体相撞后而堵塞岷江,形成高约100m的天然堆石坝,当地人称“大桥埝”,又叫“小海子坝”,如图8所示。

I 滑块位于滑坡中部,南以原叠溪城北陡坎为界,占总面积的1/3,为一松散堆积层台地,由砂、砾、块石等组成,厚约80—100m。地貌上低于现较场台地。原叠溪古城依山傍于一稍高的台地上,有东、南、北三道城门。地震时台地滑动下陷,城西部分(原临陡壁)向河谷崩垮,城北下陷并向西推移被后缘山崩体掩埋,西南陷落成一高约100m的陡壁,东门顺扭转为南向,尚有遗迹可见。昔日有房屋

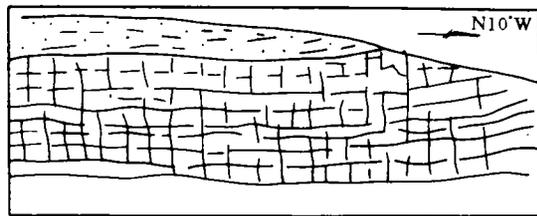


图6 湖相沉积中的拉裂示意图

Fig. 6 Small scale of tensile crack in the lacustrine deposits

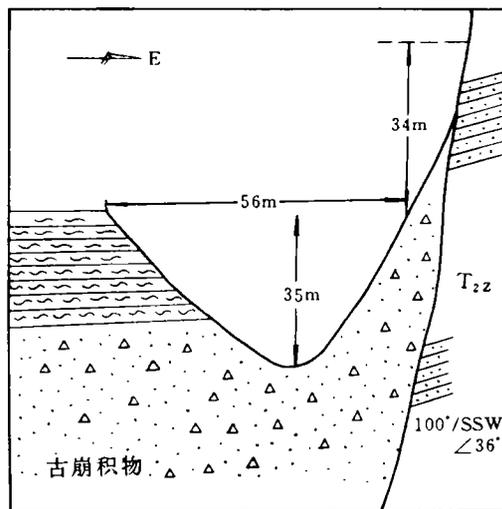


图7 较场台地后缘拉裂槽示意图

Fig. 7 Diagram showing the tensile crack near the sliding block cliff

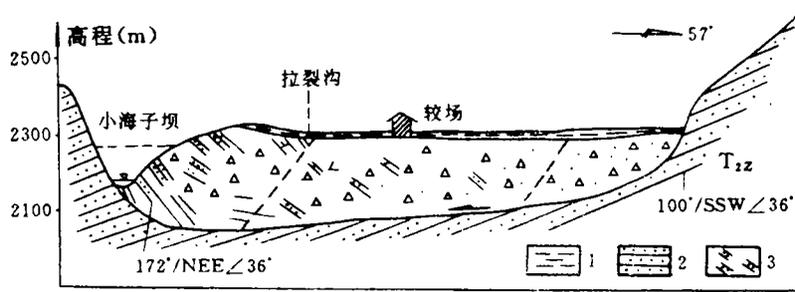


图8 叠溪—较场滑坡 I 滑块剖面图

1. 湖相沉积物; 2. 砂岩; 3. 似层状砂岩

Fig. 8 Cross section of sliding block I of Diexi—Jiaochang landslide

278间、居民500余人的古城叠溪,已被深埋于乱石之中而毁灭。

I 滑块后缘为一拉裂凹陷,走向 $N30^{\circ}W$,在叠溪城附近转为近 SN 向。在干海子处凹陷深50m,宽150m,向S变浅、变宽,也表明该滑块发生了顺扭。在干海子岩层光面处可以见到擦痕,其产状为 $330^{\circ}/SW/29^{\circ}$ 。后缘有许多崩塌体,位于较场、叠溪间的大尖山半山七珠寨,在地震时与山岩同时垮塌并埋于山脚的陷坑中。

地震时, I 滑块陷落并向河谷俯冲,随之以较高速度爬高到对岸龙池山坡之上,堵塞岷江形成160余米高的天然堆石坝,称“小桥坎”,又叫叠溪坝,如图9所示。

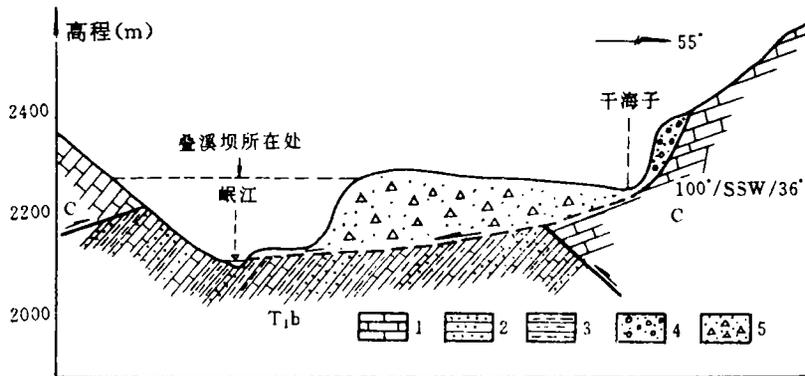


图9 叠溪—较场滑坡 II 滑块剖面图

1. 灰岩; 2. 砂岩; 3. 千枚岩; 4. 洪积物; 5. 崩积物

Fig. 9 Cross section of sliding block II of Diexi—Jiaochang Landslide

II 滑块块体北高南低,由松散堆积层和上覆的崩塌碎石组成。块体运动方向为 240° ,前缘冲向河谷,堆积在河床上,后缘有扭动,但水平运动不远。地震时块体滑动,叠溪古城大部深陷,只有东南角未陷的城隍庙、观音殿的颓梁断柱、石狮、石碑及火药房的火药碾是古城残留的遗迹。叠溪城墙原高3m,周长1300m,呈斜方形,经地震后仅留下变形、裂口的东城门洞及数丈城垣。

2.2 观音岩—银屏岩地震崩塌堵江

在较场上游 2km 处，岷江左岸观音岩与右岸银屏岩隔江对峙，峰谷高差 1700 余米。1933 年叠溪地震时，两山均发生大规模崩塌，尤以银屏岩崩塌最为严重。震后，银屏岩形成 1000 余米刀削般地绝壁。观音岩的坡度也在 50° 以上。两岸的崩塌体坠入岷江，形成 130m 高的天然堆石坝，即银屏岩垸，又称大海子坝，如图 10 所示。

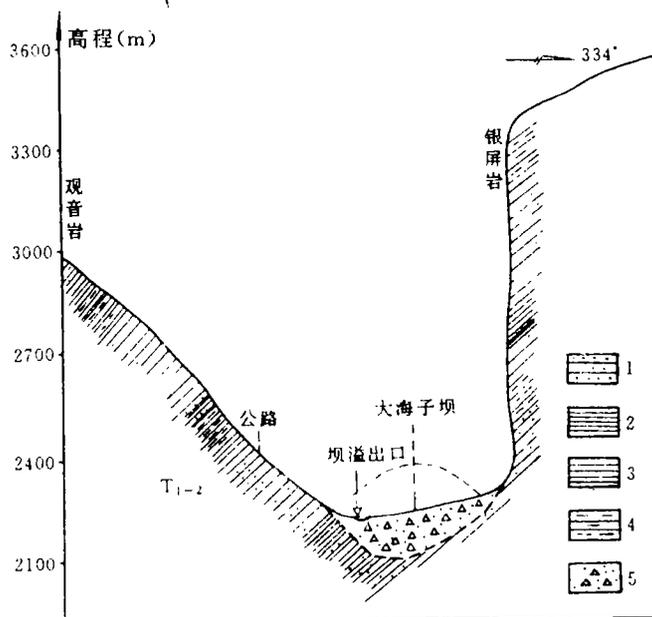


图 10 观音岩—银屏岩崩塌堵江剖面图

1. 砂岩；2. 板岩；3. 灰岩；4. 千枚岩；5. 崩积物

Fig. 10 Natural dam caused by Guanyin—Yinping rock falls

2.3 松平沟、鱼儿寨沟滑坡堵江

地震时松平沟、鱼儿寨沟、水磨沟发生大规模山崩、滑坡、崩滑体堵塞沟谷，形成堰塞湖。松平沟内至今仍保存有公棚海子，上、下白腊寨海子，上、下水磨沟海子和无名海子。两河口和下木石坝处的海子后来虽然干涸，但其湖盆、溃坝缺口地形仍然很清晰。另外，鱼儿寨沟内的鱼儿寨海子，也保持较完整。

公棚海子崩滑体位于松平沟左岸，后缘高程 3300m，前缘抵达对岸。此崩滑体发育在变质石英砂岩和片麻岩中，主滑方向 265° (图 11)。碎裂的变质石英砂岩、片麻岩块石粒径一般 0.5—2m，水平滑动距离 310m。崩滑堆积体在左岸呈扇形，宽 600m，厚 130m，在右岸爬高 70m，总体积 $3000 \times 10^4 \text{m}^3$ 。崩滑体堵塞松平沟后，形成沟内最大的海子，即公棚海子 (参见图 3)。

下白腊寨崩塌发育在公棚海子崩塌体下游的变质石英砂岩、千枚岩、板岩地层中，崩塌体水平运动距离约 1000m，堆积于松平沟内，堆积体宽 500m，长 800m，左岸厚 75m，右岸厚 50m，块体粒径一般为 0.5—3m，堵塞松平沟后积水成下白腊寨海子 (图 12)。后来河水在右岸坡脚处冲开一 12m 宽的缺口，使海子中的水体变窄、变浅。

2.4 天然堆石坝、堰塞湖特征

叠溪地震滑坡、崩塌体在岷江及支流中形成十余个高大、雄伟地天然堆石坝，坝体特征见表 1。随后坝体上游积水，形成十余个海子，其库容达 $2 \times 10^8 \text{m}^3$ 以上。各海子的特征见表 2。

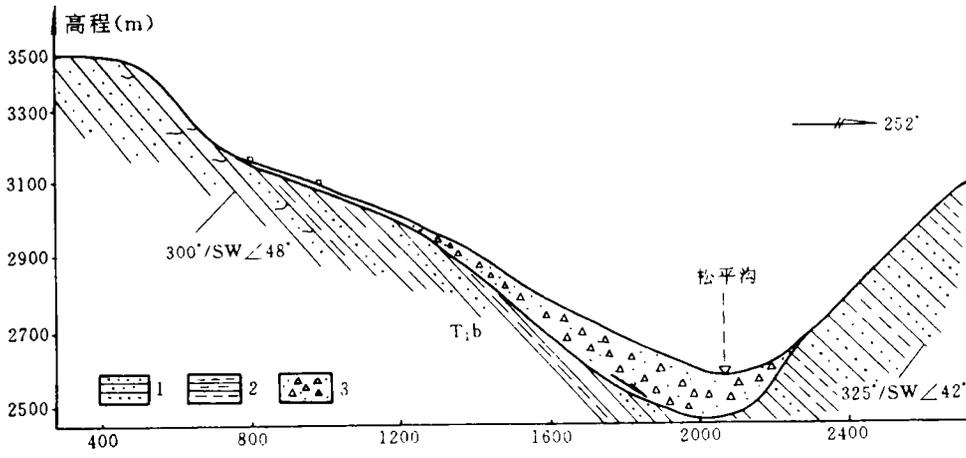


图 11 公棚海子崩滑体堵江剖面图

1. 石英砂岩; 2. 片麻岩; 3. 地震崩积物

Fig. 11 Cross section of Gongpeng Lake avalanche with blocked river

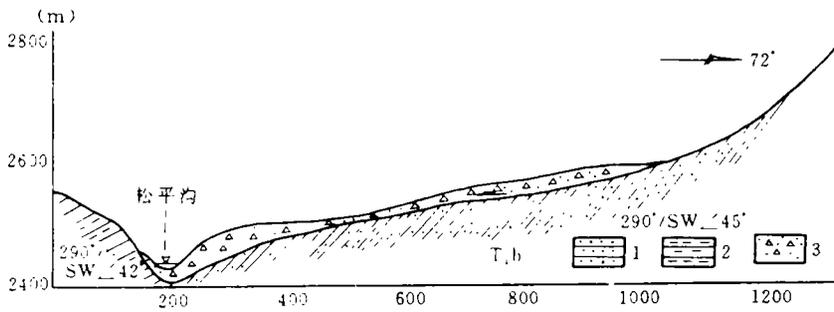


图 12 下白腊寨海子崩塌体堵江剖面图

1. 砂岩; 2. 片岩; 3. 地震崩积物

Fig. 12 Cross section of Xiabailazhai Lake avalanche with blocked river

表 1 叠溪地震天然堆石坝特征表

Table 1 Characteristics of natural rock-fill dams caused by Diexi earthquake

天然堆石 坝名称	轴向 (°)	坝高 (m)	坝长 (m)	坝顶宽 (m)	坝底宽 (m)	上、下游 落差(m)	上游坡度(°)		下游坡度(°)	
							水上	水下	水上	水下
大海子坝	40	130	700	750	1500	66	1:3	1:9.1	1:7	1:3
小海子坝	325	100	3000	200	2000	65	1:17	1:17	1:25	1:25
叠溪海子坝*	70	160	500	100		160				
公棚海子坝	290	120	250	400		120			1:3	
上水磨沟海子坝	25	5	70	45		50			1:8	
下水磨沟海子坝	45	20	100	400		20			1:3	
下白腊寨海子坝	330	60	330	50		60			1:8	
上白腊寨海子坝	300	20	400	300		20			1:15	
鱼儿寨海子坝	90	135	250	350		135			1:3	

* 叠溪海子坝已溃决。

表2 叠溪地震堰塞湖特征调查统计表

Table 2 Investigated characteristics of checked-up lakes caused by Diexi earthquake

序号	堰塞湖名称	所在地	堰塞湖坐标				平均长 (m)	平均宽 (m)	深 (m)	水面面积 (亩)	积水量 ($\times 10^4 m^3$)	所堵江河
			东经		北纬							
			(°)	(')	(°)	(')						
1	大海子	四川省茂县 较场乡	103	43	32	04	3600	360	81	2700	7000	岷江
2	小海子	四川省茂县 较场乡	103	41	32	03	2350	290	42	2025	5000	岷江
3	叠溪海子*	四川省茂县 较场乡	103	40	32	02	2000	300	160		(8000)	岷江
4	公棚海子	四川省茂县 松平沟乡	103	37	32	07				403	1000	松平沟
5	鱼儿寨海子	四川省茂县 较场乡	103	38	32	03				201	100	鱼儿寨沟
6	上水磨沟海子	四川省茂县 松平沟乡	103	38	32	08				110	80	水磨沟
7	下水磨沟海子	四川省茂县 松平沟乡	103	37	32	06				28	20	水磨沟
8	上白腊寨海子	四川省茂县 松平沟乡	103	38	32	06				101	70	松平沟
9	下白腊寨海子	四川省茂县 松平沟乡	103	38	32	05				127	95	松平沟
10	两河口海子**	四川省茂县 松平沟乡	103	39	32	05						松平沟
11	朽谷	四川省茂县 松平沟乡	103	29	32	04				42		松平沟
12	无名海子	四川省茂县 松平沟乡	103	27	32	05				10		松平沟

* 叠溪海子现已溃决消失； ** 两河口海子现已干枯，又称干海子。

其中以在岷江中形成的三个堆石坝和堰塞湖的规模为最大。观音岩和银屏岩崩塌形成的天然堆石坝坝长 80m, 坝底宽 170m, 坝高 130m, 积水形成大海子。现在的大海子最大水深 98m, 平均水深 81m, 水面平均宽 360m, 最宽 590m, 库区长 3500m, 蓄水 $7500 \times 10^4 m^3$ 。小海子坝高 100m, 库区长 2350m, 水面平均宽 290m, 最宽 440m, 平均水深 42m, 最深 80m, 蓄水 $5000 \times 10^4 m^3$ 。叠溪海子坝高 160m, 积水估计约 $8000 \times 10^4 m^3$, 此坝存在 45 后天即溃决, 因而酿成下游的洪水灾难。大海子现在为木材集散场。驻足于较场的松茂公路, 放眼四望, 海子水色澄碧, 悠然而卧, 两岸灌丛生, 块石堆砌, 景色蔚为壮观, 而冬季湖面冰冻, 又可拖运木材。

3 堵江环境效应

叠溪地震形成的堰塞湖, 使湖区大面积淹没与蓄水。当海子一旦溃决, 洪水瞬间下泄, 以致冲毁下游而造成灾难; 堰塞湖的淤积和溃坝物质的堆积所造成的不良地质环境等等, 其危害程度远远超过地震本身所造成的直接危害。

3.1 堰塞湖淹没

1933年8月25日叠溪地震在岷江银屏岩、大桥、叠溪等处从上至下形成三道天然堆石坝将岷江堵塞,使黑水入江口处以上至叠溪的28km河段江水断流。大海子坝以上江水形成涌浪挟砂石回水北流,1小时后即淹至沙湾,使震后村中残迹荡涤殆尽,牛马牲畜、田园房舍无一幸免,死于震灾、水灾者达300余人,随后,猴儿寨也于当夜深没水底。两天后江水淹至普安旧址。9月6日湖水倒注至泉水崖,淹没了观音庙。从此出现了高峡出平湖的壮丽景观。湖水沿群山回绕盘旋,逶迤12.5km至太平乡,当时最宽处达2km,称为大海子。

9月14日,大海子溢注小海子。溢流时,湖水携带泥沙、碎石,淹没大桥边一条新街及对岸的观音庙、水磨房、油房等。9月30日,小海子水满溢注入叠溪海子。由于叠溪海子坝高160多米,坝顶超过大海子坝和小海子坝,故水倒流淹没上游两坝顶,致使三海造成一片。至10月7日,叠溪坝水外流,使已断流的岷江才有细流。从8月25日至10月7日的43天中,堰塞湖蓄水之多,淹没之大,是可想而知的。海子的形成也给后来的水灾埋下了祸根。

与此同时,松平沟内的各滑坡、天然堆石坝等处的上游也纷纷积水,至9月5日,整个松平沟内一片汪洋,沟内的村落、农田、树木皆被没入水下,损失无法估计。

3.2 溃坝洪水灾害

地震后45天(即10月9日),因4.5级余震触发,松平沟内公棚、白腊寨等海子的部分溃决洪水涌入岷江干流上的三个海子,加之岷江上游松潘、南坪一带阴雨连绵,江水骤涨,致使叠溪海子坝突然溃决。一方面堰塞湖积水倾湖涌出,引起岸边峭崖猛烈垮塌,大桥至叠溪间的河床被填高约100m;另一方面溃决洪峰在大店以上高达66.7m,到畜牧铺仍超过33m。洪水两小时后到茂县城浪高26.7m,半夜到汶川浪高20m,次日凌晨到灌县浪高13.3m(图13)。以下河

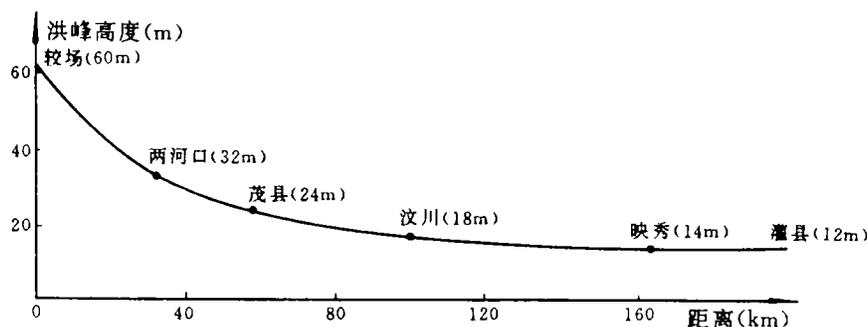


图13 1933年10月9日叠溪溃坝沿途洪峰曲线图

Fig. 13 Curve of flood peak along river after dam-break at Diexi on October 9, 1933

床渐宽,浪高虽已减弱,但到乐山大佛之下时却仍然是水洗大佛脚面。沿江村镇、关堡、房屋、城墙均被一卷而光或被乱石淹没。两岸的农田被淹没或淤埋。人、畜落入水中无一幸免。例如,大店居民被水冲走、死亡24人;石大关房屋全被冲走,城墙仅剩一箭楼,死亡23人;长宁地皮刮去近1m,死亡21人;椒园铺的房屋也被完全冲光,死亡32人;茂县大河坝淹死71人。据后来茂县统计,该县共冲毁农田2686亩,房舍729间,死亡340人,行商旅客人数不明,冲走粮食约2579石,死亡牲畜2170头;汶川全县被冲走粮食353石,房屋346间,淹没2315头牲畜,死亡483人;灌县冲毁耕地4000余亩,死亡1600人,都江堰玉垒关下的新建鱼嘴及飞沙堰均遭

破坏。从上述不完全统计,已足以说明灾害之惨重。

3.3 堵江对河床及边坡的影响

大、小海子在积水过程中,沿江两岸小型崩塌、滑坡不断发生,叠溪以上岷江沿岸,软弱相间的薄至中厚层千枚岩、砂岩互层,在堵江回水过程中,近岸地下水位上升,岩体饱水、软化,于水位变动带附近,引起边坡再造。对两岸边坡影响更大的则是叠溪坝溃决,堰塞湖水突然下泄,湖水水位骤降,边坡岩土体中产生动水压力,致使较场对岸鱼儿寨沟口左岸的古堰塞湖湖相沉积层边坡在溃坝时发生滑坡,体积约 $12 \times 10^4 \text{m}^3$ 。此后,该滑坡每年都有下滑,1954年曾下滑1m,1985年6月也曾下滑。大桥到叠溪间的岸边陡崖峭壁在溃坝时突然垮塌,致使此段河床被抬高100m。据调查统计,从较场至茂县,岷江沿岸有大、小滑坡40余处,据推测大多均系江水突涨、骤降所触发。

叠溪海子溃决洪水携带大量固体物质冲向下游,造成大面积堆积,沙坝的许多田地土石淹没,从叠溪至飞虹的几十公里河床被淤高,大块石遍布。由此造成的地质环境对下游水电工程的选址、施工等增加了困难,如处理不当,很有可能产生坝基渗漏等诸多工程技术问题。

4 结 语

通过叠溪地震滑坡堵江事件的研究,可得出以下几点认识:

(1) 在特定的地质背景下,强震产生的岩体松动、地裂、山崩、滑坡等地震效应非常显著。

(2) 在深切峡谷区,强震导致的山崩、滑坡极易堵塞江河形成大型的天然堆石坝和堰塞湖,其危害及环境效应甚至可能超过地震本身。

(3) 对于极有可能溃决的天然堆石坝和堰塞湖,应迅速采取有效措施,最大限度地控制次生洪水所造成的危害和环境效应。

(4) 在有可能发生滑坡堵江的高山峡谷地区兴建水利水电工程时,应充分考虑堵江可能带来的一切不利因素。

参 考 文 献

[1] 阿坝藏族羌族自治州地震局,阿坝藏族羌族自治州地震灾害与对策研究,地质出版社,1993。

LANDSLIDE DAMS INDUCED BY DIEXI EARTHQUAKE IN 1933 AND ITS ENVIRONMENTAL EFFECT

Chai Hejun Liu Hanchao Zhang Zhuoyuan

Abstract A strong earthquake of magnitude 7.5 happened at Diexi, northwest of Sichuan province, on August 25th, 1933. The earthquake devastated Diexi town which was hundreds of years old and the villages nearby, caused heavy casualties of habitants and livestock, and destroyed a lot of roads and bridges. The deformation and failure of ground near the epicenter were so extensive that numerous landslides and avalanches occurred along the Min River and its tributaries, which blocked river channels and formed more than 10 natural dams and lakes. The hazards by these events and their environmental effect are discussed in this paper.

Key Words Earthquake Landslide caused blockage of river Environmental effect