

文章编号: 0253-3782(2006)03-0305-08

闽东北地区的历史地震调查^{*}

鄢家全 张志中 潘 华
黄玮琼 胥广银 郝玉芹

(中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所)

摘要 以闽东北地区为例,阐述了重大建设工程场地历史地震调查的新思路和研究内容:① 根据地区文化发展史和灾异记载状况,进行地震资料完整性考证;② 由实际记载资料进行历史地震影响状况评价,并复核确认破坏性地震的震中位置和强度。按照这种新的技术思路开展研究工作,能够对历史地震调查赋予文化历史和可信时间域的内涵,增强了研究结果的科学性。其目的在于促进历史地震调查更好地服务于工程建设。

关键词 历史地震 调查 工程建设
中图分类号: P316 **文献标识码**: A

引言

历史地震调查是核电厂和大型水利枢纽等重大工程建设场地地震安全性评价的重要内容之一。其目的在于为地震安全性评价提供科学的历史地震依据。按照核安全导则 HAF101/01《核电厂厂址选择中的地震问题》(国家核安全局,国家地震局,1994)和《工程场地地震安全性评价技术规范》(国家质量技术监督局,1999)的相关规定:应搜集在时间上尽可能久远的所有历史地震资料,并对资料的可靠性和历史地震对场地的影响作出评价;当近区域内存在证据不充分或有怀疑的破坏性地震时,应在进行资料核查和现场调查后,确认其震中位置和强度参数。

虽然相关的法规文件和技术规范对历史地震调查的内容作了原则性的规定,但在具体工作中却存在不同的认识。作者近年来在闽东北、皖南和鄂北等地区,从事过多项重大建设工程场地的历史地震调查工作。今以闽东北地区为例,概述其新的思路、研究内容和主要结果,以便促进历史地震调查工作更好地服务于工程建设。

1 根据地区文化发展史和灾异记载状况,进行地震资料完整性考证

一般建设工程设防地震的重现期为 500 年,而大型水利枢纽工程和核动力工程的设防地震重现期分别长达 5 000 年或 10 000 年(中华人民共和国电力工业部,1997;国家技术监督局,中华人民共和国建设部,1998)。这就需要采用尽可能长时间的地震资料来进行分析

^{*} 中国地震局地球物理研究所论著 06AC1019。
2005-07-18 收到初稿,2006-03-16 决定采用修改稿。

表 1 闽东北地区历史地震频次统计表

年份	地震频次	年份	地震频次	年份	地震频次
950—1000	1	1300—1350	0	1650—1700	9
1000—1050	0	1350—1400	8	1700—1750	4
1050—1100	0	1400—1450	0	1750—1800	6
1100—1150	0	1450—1500	7	1800—1850	3
1150—1200	2	1500—1550	32	1850—1900	35
1200—1250	0	1550—1600	21	1900—1950	21
1250—1300	2	1600—1650	13		

2 根据实际记载资料进行历史地震影响状况评价

重大建设工程场地历史地震调查的目的之一，是要弄清楚所遭受过的地震影响状况，尤其是破坏性地震的影响程度。虽然可以通过历史地震的等震线图来了解场地可能遭受过的地震烈度，但由于地震目录中展示的等震线图之比例尺较小，而且有的地震还存在烈度异常区，因此需要根据场地附近的实际地震记载资料核定其影响程度。

在该地区所记载到的 164 次地震事件中，绝大多数(97%)为“地震”或“地大震”的有感地震记载，只有 5 次地震有轻微破坏或损坏记载。根据福建省地方志编辑委员会(2001, 54~64 页)整理的地震目录，闽东北地区共记载到 108 次当地的有感地震。可以认为，闽东北地区历史上记载到的 159 次有感地震事件中，约有 2/3 为当地中小地震的影响，有近 1/3 为远场大地震的影响。由《福建省地震历史资料汇编》(福建省地震历史资料组，1979)记载资料和《中国地震目录》(顾功叙，1983)的分析结果表明，该地区远场大地震的影响主要来自台湾海峡和台湾地区。兹将 5 次有轻微破坏或损坏记载的地震影响状况概述如下：

2.1 1574 年连江附近的 5¾ 级地震

该震在连江的记载为“地大震有声，起自西北，山石皆陨，屋宇倾颓”；在福州的记载为“空中有声如雷，地大震，方山巨石坠于田”；在罗源、宁德、霞浦、福安和长乐没有该次地震的记载。保守地估计，该次地震对连江的影响达Ⅶ度，对福州的影响烈度小于等于Ⅶ度。

2.2 1604 年泉州海外 7½ 级地震

目前，对该次大地震的影响场之认识是有争议的，相关的研究结果所给出的等震线图有明显差异。图 2 列举了其中有代表性的两幅等震线图。由图 2 所示的结果表明，有必要根据当地的地震记载资料核定其对闽东北地区的影响程度。

该震在福州的记载为“地大震有声，时方夜动摇不止，屋若将倾，人争惊避，墙垣多倾塌”；在罗源的记载为“一更地震如雷，动摇房屋，至五更又大震如前”；在宁德的记载为“地大震”；在霞浦的记载为“夜大震如雷，山谷响应”；在福安的记载为“地复大震”；而在福鼎、连江和长乐则没有记载。因此，保守地估计，该震对福州的影响烈度达Ⅵ度，对罗源、宁德、霞浦和福安的影响烈度达Ⅴ度。因此，对闽东北地区而言，图 2a 所示结果较为合适。

2.3 1815 年福鼎 5 级地震

在福鼎的记述为“夜地大震三次，屋舍有倾覆者”，其影响烈度达Ⅵ度。

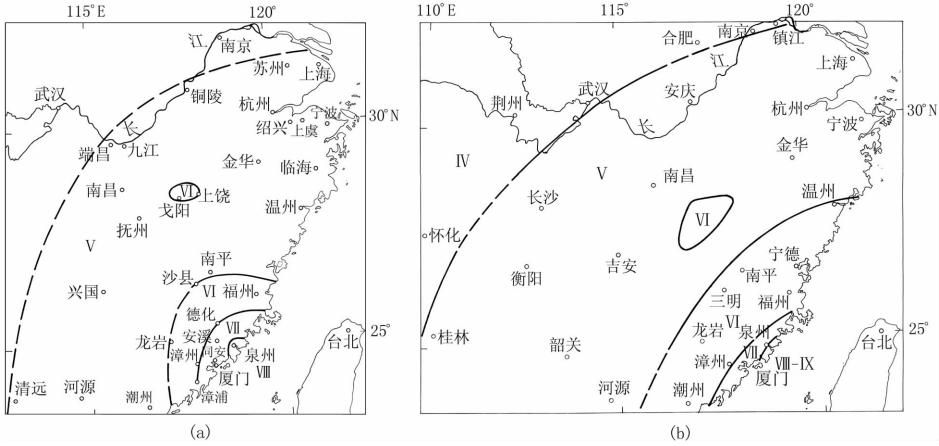


图 2 1604 年泉州海外 7¼ 级地震等震线图

(a) 引自《中国历史强震目录》(国家地震局震害防御司, 1995); (b) 引自《福建省志·地震志》(福建省地方志编辑委员会, 2001)

2.4 1918 年南澳附近的 7.3 级地震

该震在连江的记载为“地大震, 屋瓦有掉落者, 城关震塌一幢旧房屋, 乡村个别土墙有裂缝, 木架房屋歪斜, 白沙乡田中地裂约二丈, 宽 3~5 寸, 涌水喷沙土, 作硫磺臭”; 在福州的记载为“地震, 电灯摇曳, 北门变压器中的油质倾倒满地, 某处墙裂几尺, 某处屋倾数椽, 油行损失最重”; 在长乐的记载为“地震. 金峰、江田旧土墙有倒塌者, 大厦厚墙亦有裂缝”; 在罗源只记载“地震”; 在宁德的记载为“地震, 西门外某砖墙塌一米多”; 在福鼎的记载为“午刻地震, 屋壁动摇, 缸水如沸, 垣墙有倾颓者”; 在福安的记载为“地震二分钟, 墙垣崩裂, 人民恐惧”; 在霞浦没有记载. 因此, 保守地估计, 该震对长乐、福州和连江的影响烈度达Ⅵ度, 对宁德、福安和福鼎的影响烈度达Ⅴ度, 对罗源的影响烈度小于Ⅴ度.

2.5 1922 年福鼎 4¾ 级地震

该震仅在福鼎有记载为“卯刻地震, 墙屋有倾颓者”, 其影响烈度达Ⅵ度.

3 复核确认破坏性地震的震中位置和强度

由于破坏性地震的震中位置和强度, 是识别发震构造与划分潜在震源区之重要依据, 也直接关系到工程防震参数评定结果的科学性与合理性. 在闽东北地区, 有 3 次地震需要复核确认.

3.1 1574 年连江附近 5¾ 级地震

此次地震最早的参数见李善邦(1960)的《中国地震目录》第一集, 以后各版的地震目录均列有此地震, 但参数却不尽一致(表 2). 表中备注栏内列出了相应的地震记载情况.

表 2 所列资料说明, 各版本目录所依据的资料基本相同, 但对地震震级的评定结果略有差异, 而震中位置的差异较大. 在复核确认该次地震参数之前, 进一步核对了有关的史料. 近期内对该次地震有关资料整理汇集较全面的, 要数《福建省地震历史资料汇编》(福建省地震历史资料组, 1979)和《中国地震历史资料汇编(第二卷)》(谢毓寿, 蔡美彪, 1985), 后者还列出了尽可能查到的资料出处. 由其所列资料表明, 福州、莆田、将乐等的

表 2 1574 年连江地震参数一览表

序号	资料来源	地震时间	震中位置 (精度)	震级	震中 烈度	备 注
1	《中国地震目录 第一集》(李善 邦, 1960)	1574-08-19 (明万历二年 八月初四)	福建福州连江 26.1°N, 119.3°E	6	Ⅶ	极震区: 福州、连江. 屋宇倾颓. 山 石坠压田. 莆田房屋摇动、沟水泛 滥. 泉州紫帽山裂. 南平、将乐、尤 溪、永春、大田均震
2	《中国地震目录》 第一、二册(合 订本)(中央地震 工作领导小组办 公室, 1971)	1574-08-19 (明万历二年 八月初四)	福建福州、连江 一带 26.1°N, 119.3°E	5¾	Ⅶ	连江: 屋宇倾颓, 山石滚落. 侯官 (福州西 20 里): 方山巨石坠落压毁 农田. 莆田: 房屋摇动, 沟水泛滥. 泉州: 紫帽山裂. 南平、将乐、尤溪、 惠安、永春、沙县、顺昌、永安、大 田均震
3	《中国地震目录》 (公元前 1831— 公元 1969 年) (顾功叙, 1983)	1574-08-19 (明万历二年 八月初四)	福建福州、连江 一带 26.1°N, 119.3°E	5¾	Ⅶ	连江: 屋宇倾颓, 山石滚落. 侯官 (福州西 20 里): 方山巨石坠落压毁 农田. 莆田: 房屋摇动, 沟水泛滥. 泉州: 紫帽山裂. 南平、将乐、尤溪、 惠安、永春、沙县、顺昌、永安、大 田均震
4	《中国历史地震 图集》(明时期) (国家地震局地 球物理研究所, 复旦大学中国历 史地理研究所, 1986)	1574-08-19 (万历二年 八月初四)	福建连江地震 26.2°N, 119.5°E	5½	Ⅶ	万历二年八月初四福建连江(26.2° N, 119.5°E)地震, 山石皆陨, 屋宇 倾颓. 侯官方山巨石坠压田. 莆田房 屋摇动, 沟水泛滥. 晋江紫帽山裂. 惠安、永春、大田、永安、尤溪、沙 县、顺昌、将乐、南平等九县均震. 明万历《闽大记》卷二 明万历《兴化府志》卷一 清康熙《大田县志》卷九 清乾隆《泉州府志》卷七三 清乾隆《连江县志》卷一三
5	《中国地震简目》 公元前 780 年— 公元 1986 年 M $\geq 4\frac{3}{4}$ (“中国地 震简目”汇编组, 1988)	1574-08-19	福建福州连江间 26.2°N, 119.4°E (2)	5¾	Ⅶ	
6	《中国历史强震 目录》(公元前 23 世纪—公元 1911 年)(国家地震局 震 害 防 御 司, 1995)	1574-08-29	福建莆田东海域 25.5°N, 120.0°E (4)	5¾		福州: 方山(今闽侯五虎山)巨石坠 于田. 泉州: 紫帽山裂. 连江: 屋宇 倾颓, 山石皆陨(记八月). 莆田: 大 小房屋摇动, 沟水泛滥. 尤溪: 地大 震. 南平、大田、惠安、将乐、沙县、 顺昌、永安均震
7	《福建省志·地 震志》(福建省地 方志编辑委员 会, 2001)	1574-08-19	福州—连江地震 26.2°N, 119.4°E	5¾		福州府八月昼暝, 空中有声如雷, 地 大震, 方山巨石坠于田. 声从西北至 东南而没, 诸郡皆然. 连江秋八月, 地大震有声, 起至西北, 山石皆陨, 屋宇倾颓. 南平地震, 自未至申时, 皆有声, 将乐八月地震. 尤溪: 地大 震, 其声如雷. 兴化府未时地震, 从 东南方起至西北方止, 声大如雷, 大 小房屋摇动, 沟水泛滥. 泉州府地 震, 紫帽山裂. 惠安、永春地震

刊载时间分别为万历七年、万历三年和万历十三年,应该是可靠可信的.连江的刊载时间为乾隆五年,经多方查找,未见新的证据.查到[万历]罗源县志(卷八)时事中记:“万历元年七月十二日地震如雷”,未见万历二年八月初四的地震记载,说明该次地震对罗源的影响不大.在长乐县志中未查到有关万历二年八月初四地震的记载.本文对其进行资料复核后认为:

1) 各版本目录所依据的地震记载资料基本相同,引起参数差异的原因并非资料不同,而是对这些资料的认知与解释不同.

2) 比较各记载点的地震影响资料,连江的影响最大,将地震震中定在连江附近较为合理.如果震中定在“福建莆田东海域”,具有高烈度的应该是莆田、惠安和福清,但实际上,莆田仅为“大小房屋摇动,沟水泛滥”,惠安等地“均震”,福清无记载(袁定强,陈光桐,1998).再者,将震中定在连江附近(26.2°N , 119.4°E)的精度为 2 类(误差 $\leq 25\text{ km}$);震中定在福建莆田东海域(25.5°N , 120.0°E)的精度却为 4 类(误差 $\leq 100\text{ km}$).所以,本次地震的震中参数宜取为 26.2°N 、 119.4°E ,精度为 2 类.

3) 凡是给出震中烈度的,均为Ⅶ度,说明对“屋宇倾颓、山石皆陨;巨石坠压田”等现象的解释是一致的.历史地震的震级值是按震中烈度或各烈度的影响范围来估算的.根据震中烈度为Ⅶ度,且最大有感记载距离(将乐)达 200 km 这两条依据,由《中国历史强震目录》(国家地震局震害防御司,1995)编辑说明(6~7 页)中的统计关系式可估算出震级分别为 5.6 和 $5\frac{3}{4}$ 级.因此,将本次地震的震级估计为 $5\frac{3}{4}$ 级是合适的.

在复核确认表 2 所列记载情况的同时,还从《福建省地震历史资料汇编》(福建省地震历史资料组,1979)中找到,在福州—连江一带,历史上就有有感地震和震群活动的迹象.例如:① 1517 年 5 月间,福州记“5 月 10—16 日,地数震,连江、永泰亦震”,“5 月 20 日,地连震”,连江则记“5 月 10 日,地震有声,五日乃止,福州府及永泰亦震”;② 1562 年 12 月间,连江记“12 月 12 日,地昼夜九震,福州府亦震”,“12 月 14 日,复两震”,福州则记“12 月 12 日,地震,连江地九震”;③ 1672 年 12 月间,连江记“12 月 5 日,地昼夜十余震,罗源亦震”,罗源则记“冬,地震,连江亦震”,但福州对这次地震无记载.另外,根据福建省地方志编辑委员会(2001, 54~72 页)整理的地震目录,从 1185 年以来,福州—连江一带曾发生过 71 次 3~4 级的有感地震,并于 1999 年 9 月下旬,在福州和连江之间还发生过主震震级达 3.8 级的震群活动.这些有感地震和震群活动的迹象说明,在福州—连江一带存在发生地震的环境条件.

3.2 1815 年 10 月 14 日福鼎 5 级地震

在道光《福建通志》卷二七二上记有“嘉庆二十年(1815 年)九月十二日夜,福鼎县地大震 3 次,屋舍有倾覆者”(谢毓寿,蔡美彪,1987).对于该条地震记载有不同的看法:一种则认为是本地发生Ⅶ度地震;一种认为是 10 月 13 日台湾淡水 $6\frac{3}{4}$ 级地震的影响(《福建省地震历史资料汇编》1979 年版 144 页,《中国历史强震目录》1995 年版 327 页).在《宁德地区志》(宁德地区地方志编纂委员会,1998, 214 页)中记述为:清嘉庆二十年(1815 年)农历九月十二日,在福鼎县境内发生 5 级地震,造成部分房屋倾倒,人畜损伤.本文作者认为,如果属于台湾地震的影响,不能仅在福鼎有“地大震 3 次,屋舍有倾覆”的记载,而附近的县却没有类似的记载,且“地大震 3 次可作为震群活动看待;另一方面,台湾大地震也可能引发闽东北地区的小地震群活动,如 1999 年 9 月 21 日台湾南投附近发生 7.6 级地震后,

23—24 日在福州与连江之间就发生过震群活动。因此, 该条地震记载反映了 1815 年 10 月 14 日夜, 在福鼎境内(27.3°N, 120.2°E)曾发生 3 次震感强烈的地震, 造成部分房屋倾倒, 震中烈度达Ⅵ度, 从保守的角度考虑, 其震级可估计为 5 级。

3.3 1922 年 9 月 14 日福鼎 4 $\frac{3}{4}$ 级地震

据《福鼎县志》记载(福鼎县地方志编纂委员会, 2003), 民国十一年七月二十三日卯刻地震, 房屋有倾颓者。对于该条地震记载的解释也有两种意见: 一种认为是福鼎本地(27.3°N, 120.2°E)发生Ⅵ度地震, 震级估计为 4 $\frac{3}{4}$ 级; 另一种意见则认为是 9 月 15 日凌晨 8 点台湾宜兰东南 7.2 级地震的影响(福建省地震历史资料组, 1979, 112 页; 国家地震局震害防御司, 1999, 23 页)。本文作者认为, 如果是 9 月 15 日台湾宜兰东南(24.6°N, 122.3°E)7.2 级地震的影响, 不应仅在福鼎有“房屋有倾颓者”的记载, 附近的县却没有记载; 且 9 月 2 日在同一地区(24.5°N, 122.0°E)发生的 7.6 级地震, 在福鼎及附近也没有类似的记载; 而 1920 年 6 月 5 日在台湾大港口东(23.5°N, 122.7°E)发生的 8 级地震, 福鼎也仅记载“下午地震”而已。所以, 该条地震记载宜复核为: 1922 年 9 月 14 日在福鼎县境内(27.3°N, 120.2°E)发生过地震, 震级估计为 4 $\frac{3}{4}$ 级。

以上两次福鼎地震(1815 年和 1922 年)的合理性, 还可以由福鼎地区历史上曾发生过多次有感地震得到佐证。根据福建省地方志编辑委员会(2001, 54~64 页)整理的地震目录, 从 1788—1917 年, 福鼎地区还发生过 14 次震级估计为 3~4 级的有感地震。这些有感地震的存在, 说明了该地区具有一定的背景地震活动水平, 存在发生中小地震的环境条件。

4 结论

本文针对重大建设工程场地的历史地震调查问题, 提出了根据地区文化发展史和灾异记载状况进行地震资料完整性考证; 由实际记载资料来评价场地的历史地震影响状况, 并复核确认破坏性地震的参数。按这种新的技术思路开展研究工作, 能对历史地震调查赋予文化历史和可信时间域的内涵, 增强了研究结果的科学性。对于闽东北地区, 还得到如下结果:

1) 闽东北地区的人类文明历史悠久, 早在 1700 年前就设有县级政权机构, 自然灾害记载历史长达 1200 年, 史料的可利用状况良好。该地区地震资料的起始时间为公元 933 年, 大致从 1500 年以来的记载才相对较为完整、可靠。

2) 闽东北地区的地震影响, 主要是当地中小地震的影响, 其次是来自台湾海峡和台湾地区远场大地震的影响。近 500 年来, 福州和连江经受过的最大地震影响为Ⅶ度; 长乐和福鼎经受过的最大地震影响为Ⅵ度; 罗源、宁德、霞浦和福安经受过的最大地震影响为Ⅴ度。

3) 对该地区发生的 3 次地震虽有争议, 但经复核确认后认为: ① 1574 年 8 月 19 日连江附近地震的震中参数宜为 26.2°N、119.4°E, 震级为 5 $\frac{3}{4}$ 级; ② 1815 年 10 月 14 日福鼎地震的震中参数为 27.3°N、120.2°E, 震级为 5 级; ③ 1922 年 9 月 14 日福鼎地震的震中参数为 27.3°N、120.2°E, 震级为 4 级。

参 考 文 献

长乐县地方志编纂委员会. 2000. 长乐县志[M]. 北京: 方志出版社, 12~67

- 福建省地震历史资料组. 1979. 福建省地震历史资料汇编[M]. 北京: 地震出版社, 143~147
- 福鼎县地方志编纂委员会. 2003. 福鼎县志[M]. 北京: 方志出版社, 22~30
- 福建省地方志编辑委员会. 2001. 福建省志·地震志[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 44~72
- 福州市地方志编纂委员会. 1998. 福州市志(第一册)[M]. 北京: 方志出版社, 23
- 国家地震局地球物理研究所, 复旦大学中国历史地理研究所. 1986. 中国历史地震图集(明时期)[M]. 北京: 地图出版社, 105
- 国家地震局震害防御司. 1995. 中国历史强震目录[M]. 北京: 地震出版社, 124
- 国家地震局震害防御司. 1999. 中国近代地震目录[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 12
- 国家核安全局, 国家地震局. 1994. 核电厂厂址选择中的地震问题(HAF0101(1))[M]. 北京: 中国法制出版社, 2~4
- 国家技术监督局, 中华人民共和国建设部. 1988. 核电厂抗震设计规范[M]. 北京: 中国计划出版社, 3~5
- 国家质量技术监督局. 1999. 工程场地地震安全性评价技术规范(GB17741-1999)[M]. 北京: 中国标准出版社, 3~4
- 顾功叙. 1983. 中国地震目录[M]. 北京: 科学出版社, 54
- 荆福生. 2000. 宁德文明之光丛书, 宁德史话[M]. 福州: 海风出版社, 1~15
- 连江县地方志编纂委员会. 1999. 连江县志[M]. 北京: 方志出版社, 5~25
- 李善邦. 1960. 中国地震目录(第一集), 大地震目录[M]. 北京: 科学出版社, 66
- 罗源县地方志编纂委员会. 1998. 罗源县志[M]. 北京: 方志出版社, 124~125
- 宁德地区地方志编纂委员会. 1998. 宁德地区志[M]. 北京: 方志出版社, 208~214
- 霞浦县地方志编纂委员会. 1999. 霞浦县志[M]. 北京: 方志出版社, 9~21
- 谢毓寿, 蔡美彪. 1985. 中国地震历史资料汇编, 第二卷[M]. 北京: 科学出版社, 541
- 谢毓寿, 蔡美彪. 1986. 中国地震历史资料汇编, 第四卷[M]. 北京: 科学出版社, 272~273
- 谢毓寿, 蔡美彪. 1987. 中国地震历史资料汇编, 第三卷[M]. 北京: 科学出版社, 758
- 袁定强, 陈光桐. 1998. 福建省历史强震目录的复核与评述[M]. 中国地震, 14(3): 6~14
- “中国地震简目”汇编组. 1988. 中国地震简目[M]. 北京: 地震出版社, 10
- 中华人民共和国电力工业部. 1997. 水工建筑物抗震设计规范(DL5073—1997)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2~3
- 中央地震工作小组办公室. 1971. 中国地震目录[M]. 北京: 科学出版社, 53

INVESTIGATION OF HISTORICAL EARTHQUAKES IN THE NORTHEASTERN FUJIAN AREA

Yan Jiaquan Zhang Zhizhong Pan Hua Huang Weiqiong
Xu Guangyin Hao Yuqin

(Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China)

Abstract: Taking the northeastern Fujian area as an example, we provide some new technological ideas and contents for the historical earthquake investigation of significant engineering construction sites. ① Make sure the integrity of earthquake materials with reference to the regional histories of culture and disasters; ② Evaluate the influence of historical earthquakes on the basis of actual records, review and identify the epicenter location and magnitude of destructive earthquakes. The research by the new technological ideas will endue the investigation of historical earthquakes with new meanings in the cultural phylogeny and credible time domain, so as to make the results of historical earthquake research more scientific. The aim of the paper is to improve the level of historical earthquake investigation for a better service to the engineering construction.

Key words: historical earthquake; investigation; engineering construction