

马志江, 石树中, 杨福平. 温州市及邻区地震构造条件分析[J]. 华南地震, 2017, 37(3): 25-34. [MA Zhijiang, SHI Shuzhong, YANG Fuping. Analysis of Seismic Tectonic Characteristics in Wenzhou and Its Adjacent Areas [J]. South China journal of seismology, 2017, 37(3): 25-34.]

温州市及邻区地震构造条件分析

马志江, 石树中, 杨福平
(浙江省工程地震研究所, 杭州 310013)

摘要: 温州市是浙南经济、文化中心, 近年来大量重大工程项目陆续开工建设, 对地震安全的需求不断增加。对温州及邻区范围内地震活动性、地质构造、地球物理场及地壳结构进行了分析, 综合研究了该区地震构造特征。研究表明: 温州及邻区范围内不具备发生地表破裂型大震的构造条件, 但具备发生中等地震的构造条件。

关键词: 地震; 活动构造; 地震构造; 地球物理场; 温州

中图分类号: P315.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2017) 03-0025-10

DOI: 10.13512/j.hndz.2017.03.004

Analysis of Seismic Tectonic Characteristics in Wenzhou and Its Adjacent Areas

MA Zhijiang, SHI Shuzhong, YANG Fuping

(The Engineering Seismology Institute of Zhejiang Province, Hangzhou 310013, China)

Abstract: Based on seismic activity, geological structure, geophysical field and crustal structure, the paper analyzed the seismic tectonic characteristics of Wenzhou and its adjacent areas. The results show that: Wenzhou and its adjacent areas do not have the structural conditions of strong earthquakes, but have the structural conditions of moderate earthquakes.

Keywords: Earthquake activity; Geological structure; Geophysical field

收稿日期: 2016-04-15

作者简介: 马志江(1977-), 男, 高级工程师, 主要从事地震地质及遥感解译工作。

E-mail: 934176052@qq.com.

0 引言

温州市是浙江省的地级市,为沿海港口城市,位于中国黄金海岸线中段,浙江东南部,东濒东海,是我国第一批对外开放的 14 个沿海城市之一,是浙南经济、文化中心。近年来,温州市的高层建筑逐年增多,一些关系国计民生的重大建设工程如桥梁工程、城市交通枢纽等工程也在陆续开工建设。个别工程虽然开展过地震安全性评价工作,但没有系统而全面地对温州市及邻区的地震构造条件进行分析,本文对温州市及邻区范围内地震活动、地质构造、地球物理场及地壳结构分别进行了分析,研究表明:温州及邻区范围

内不具备发生地表破裂型大震的构造条件,但具备发生中等地震的构造条件。

1 地震活动特征

根据地震史料记载和地震台站记录^[1-4],温州市及邻区范围(以下简称研究区)为 $119.10^{\circ} \sim 122.20^{\circ}\text{E}$, $26.65^{\circ} \sim 29.35^{\circ}\text{N}$,这一范围基本上可把对温州市产生影响的地震及重要构造带包括在内。研究区内首次记载的破坏性地震是 1813 年 10 月 17 日的温州 $4\frac{3}{4}$ 级地震,从 1813 年至 2014 年 12 月 31 日研究区内共发生 $M \geq 4.7$ 级地震 4 次(表 1),最大地震为 1926 年浙江平阳以东海域 $5\frac{1}{4}$ 级和 1960 年浙闽交界以东海域 5 级地震。

表 1 研究区 $M \geq 4.7$ 地震目录

Table 1 Earthquake catalog with $M \geq 4.7$ in study area

序号	时间/ 年-月-日	震中位置		震源深度/ km	定位精度	震级/ M	震中烈度	地名
		北纬/(°)	东经/(°)					
1	1813-10-17	28.0	120.7	-	3	$4\frac{3}{4}$	VI	浙江温州
2	1866-09-21	28.0	119.6	-	2	$4\frac{3}{4}$	VI	浙江云和鹤溪
3	1926-06-29	27.0	121.0	-	4	$5\frac{1}{4}$		浙闽交界海域
4	1960-07-21	27.3	121.8	-	4	5		浙江平阳海域

注:①“-”表示无资料;②表中“精度”含义为:2类震中误差 ≤ 25 km;3类震中误差 ≤ 50 km;4类震中误差 ≤ 100 km。

1970 年至 2014 年 12 月 31 日,华东地震台网记录到研究区内发生 $M \geq 1.0$ 级地震 2 471 次(见表 2),这些地震绝大多数发生在温州珊溪水库地区,属于水库诱发地震,其中有 21 次 $M \geq 4.0$ 地震,

最大的水库诱发地震为 2006 年 2 月 9 日的 4.6 级地震;构造地震发生次数少,仅有 104 次,且震级均小于 4 级,但这些小震基本沿一些区域性断层附近分布。

表 2 研究区 1970 年以来地震的震级-频次分布

Table 2 Magnitude - frequency distribution in study area since 1970

震级区间/ M_L	1~1.9	2~2.9	3~3.9	4~4.9	合 计
研究区构造地震	73	27	4	0	104
珊溪水库诱发地震	1 846	417	83	21	2 367
合 计	1 919	444	87	21	2 471

图 1 给出了研究区 $M \geq 4.7$ 级历史地震分布和自 1970 年以来研究区 $M \geq 1.0$ 级地震分布。从图中可以看出,研究区的地震空间分布是很不均匀的,大部分地震分布在研究区南部,中部、北部地震较少。研究区历史地震及现今地震的活动水平不高,地震活动背景在 5 级左右。

2 地震构造特征

研究区在大地构造单元划分上属华南加里东褶皱带(图 2)。该褶皱带是由加里东运动时期的地

槽褶皱回返而成,后与扬子地台拼合一起组成“新地台”。华力西期和印支期,构造活动相对稳定,为缓慢的长期隆起剥蚀区,仅在一些低洼地区有沉积。印支运动后,其活动性急剧增大,以断块运动为主,构造格局有了很大变化。不同方向构造盆地的发育和大规模火山活动,是燕山期构造运动的一大特色。

2.1 新构造运动特征

2.1.1 主要类型及特

研究区内新构造运动的表现形式和类型多样,

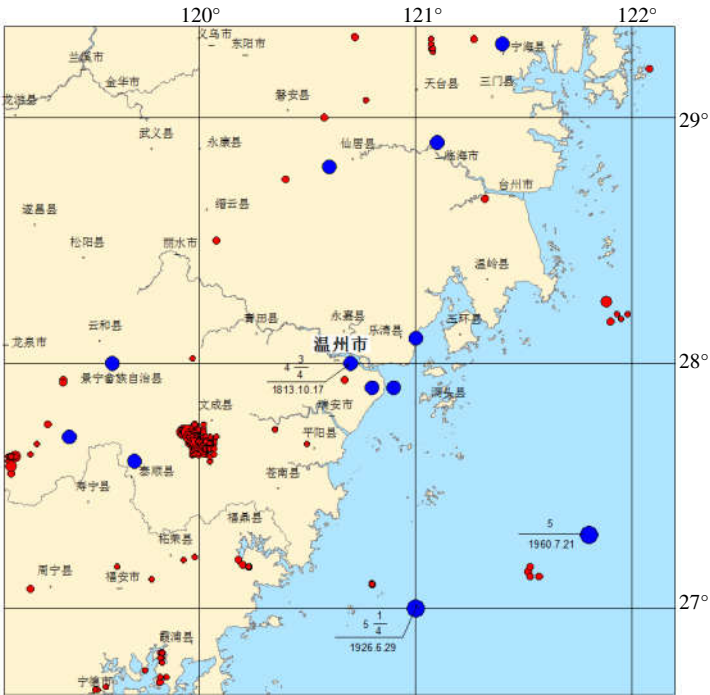


图 1 温州市及邻区范围地震震中分布图

Fig.1 Epicenter distribution map of Wenzhou and its adjacent areas

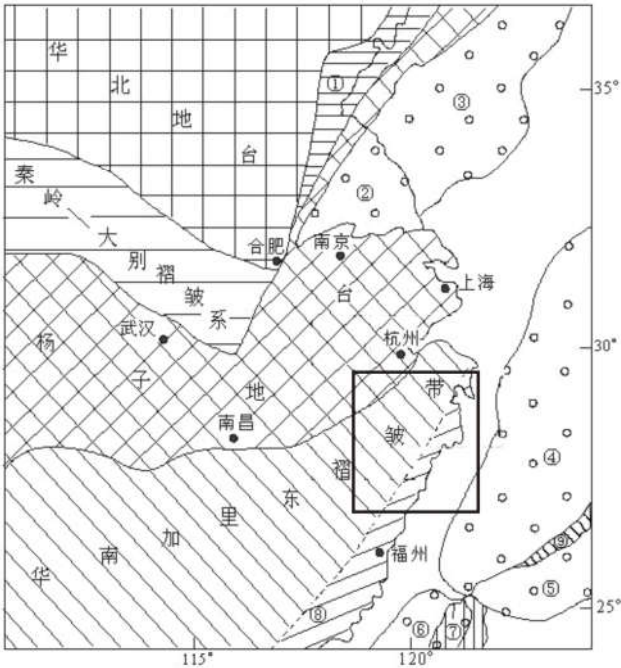


图 2 研究区构造简图(矩形框为研究区范围)

Fig.2 The structure map of study area

其中主要有：

(1) 继承性。喜马拉雅运动的早期，研究区内地壳全面抬升，大陆部分大都处于上隆剥蚀状态，白垩纪断陷盆地不断萎缩、消亡，逐渐失去了盆地固有的形态特征。

从新近纪开始的新构造运动，继承了喜马拉雅早期的运动特征，大陆地壳继续保持上升隆起，特别是研究区西南部的仙霞岭、括苍山、雁荡山、洞宫山及鹳峰山等，地貌上山势陡峻、深谷急流；由于地壳的不断上隆，除在天台等少数盆地内有新近纪火山喷溢物沉积外，大多数白垩纪盆地均遭抬升剥蚀，范围逐渐收缩，只有极薄的冲洪积层；区内断层新近纪以来表现有老断层的继承性活动，如北东-北北东向断层和北西向断层，都是

在新构造时期以前形成,新构造时期有不同程度的复活,而新生的断层在研究区内极少见。

(2) 振荡性。研究区在总体上隆的背景下,还包含多次局部抬升、下降的振荡性(间歇性)过程。

古近纪地壳全面抬升后,造成白垩纪断陷湖盆干涸和消亡,同时使早期岩石遭受剥蚀。

新近纪的上新世早、中期残积和湖积层发育,晚期地壳再度抬升;早更新世早期由于地形高差超过 1 000 m,在盆地边缘和山麓地带堆积了河流相沉积物,至早更新世中期新构造运动从普遍抬升逐渐变为升降补偿,侵蚀、堆积又趋活跃。此后又经历了一个相当长的抬升时期,使原来半封闭的金衢盆地被切开。中更新世,盆地由抬升转为下降,新构造运动继续振荡性下降和海平面上升,海域不断扩大,海进波及到椒黄和温瑞盆地。中更新世末,地壳再度抬升,但幅度不大。晚更新世研究区丘陵地区曾经历了两个侵蚀期和两个堆积区。全新世,由于侵蚀基准面的振荡性变化,其间经历了几次隆起和堆积过程,在河流中下游地段,形成了三级堆积阶地,接近谷口的河谷地段,海退形成谷地,海进则沦为溺谷,在溺谷以上地段河流沉积的韵律性突出。同时,三级跌水(瀑布)也较发育。

(3) 不均一性。研究区的不同地区,新构造运动的不均一性表现明显,其中主要有以下几个方面:

① 上升运动。研究区大陆部分的中部及西南部的仙霞岭-洞宫山、括苍山之间,新构造时期上升 500 m 以上,上升幅度较大,为中等隆起区,许多山峰海拔高度在千米以上,其中黄茅尖达 1 921 m;而在研究区北部及沿海一带上升幅度较小,多为 200 m 左右弱隆起区,低山、丘陵的高度多为 400~800 m。

② 下降运动。研究区内下降运动较弱,其幅度较小,在山间盆地内只有个别的小型盆地为第四纪断陷盆地,如碧湖盆地。大部分白垩纪红层盆地的第四纪沉积物极薄,一般 5~15 m,局部近山麓处可达 27~40 m 的冲洪积层;在沿海一带椒江-黄岩盆地第四系厚 50~250 m,温州-瑞安盆地第四系厚 50~170 m,均属拗陷型构造盆地^[6]。

③ 掀斜运动。研究区新构造时期具有掀斜运动的特点,除研究区西北部受黄山隆起的影响,形成由西北向东南的掀斜外,其它地区由于中部及西南部隆起幅度较大,常形成向北和向沿海一带的掀斜。

2.1.2 新构造分区

根据隆升和沉降运动造成的大陆和海底地貌差异、局部隆起和下沉幅度和差异,研究区划分三个新构造区(图 2):闽东北-浙中中低山隆起区(I)、浙闽沿海低山隆起区(II)及东海大陆架盆地沉降区(III)。

(1) 闽东北-浙中中低山隆起区(I)。该区前震旦系基底零星分布,燕山构造层(三叠系至古近系、新近系)比较发育,断层以北东向为主。新构造运动表现为向北东方向的掀斜隆起,发育形成以仙霞岭至会稽山为主体的北东向断续山链,地面高程由 1 741 m(大龙山)逐渐下降到 760 m 以下,其间夹有高程 300~500 m 的山间盆地,地貌上这一带呈左行排列的盆岭结构。

(2) 浙闽沿海低山隆起区(II)。该区是研究区内沿海地带海拔 500~600 m 的低夷平面所在部位,其西界以高 400 m 左右的山麓夷平作用下的悬崖与高夷平面分开。夷平面上覆盖新近纪玄武岩,第四纪有过隆升运动,现今在三门滨海残留有 40 m 高的海蚀穴和 20~30 m 高的海蚀平台,以及海岸一带还形成有大面积的全新世海积平原,说明第四纪隆升具有间歇性特征。

(3) 东海大陆架盆地沉降区(III)。东海大陆架盆地是一个大型的新生代裂陷盆地^[7],在地貌上属于堆积陆架平原。该盆地在中新世时内部差异沉降仍相当明显,沉积厚度差异较大。到上新世和第四纪,整个盆地向东南倾斜下沉,上新统和第四系分布广泛,但西薄东厚,一般 800~1 200 m,新构造活动具西弱东强的特点。

2.1.3 新构造运动和地震的关系

研究区内虽有多次中小地震发生,但其强度和频度不大,和研究区北部的华北地区及南部的闽粤沿海地带相比,地震活动弱得多,这显然与本区新构造运动的强度和方式密切相关。

(1) 研究区内的闽东北-浙中中低山隆起区、浙闽沿海低山隆起区均以继承性的隆升为主,两个新构造单元之间属渐变关系,它们之间的块体差异运动相对较弱。

(2) 新近纪以来,本区的振荡性运动突出,没有新生的断层形成,一些沿海地带的盆地为拗陷型盆地,其边界未发现控制性活动断层,进入第四纪后岩浆活动不发育。

总体而言,研究区地壳运动差异性不显著,断层第四纪活动强度不大,地震活动相对较弱,仅因受余姚-丽水断层、浙闽滨海断层以及镇海-

温州断层的弱活动控制,发生过4次 $4\frac{3}{4}$ 级~ $5\frac{1}{2}$ 级地震动。

2.2 主要断层第四纪活动性

研究区内主要断层有北北东向、北东向、北西向及近东西向四组(图3),均为前第四纪或早、中更新世断层,未发现晚更新世以来活动断层(表3)。

2.2.1 奉化-丽水断层(F4)

该断层整体走向为北东 45° ~ 60° ,沿大碇盆地与宁波盆地东部边界经奉化、天台、仙居盆地达

丽水碧湖镇,过龙泉、庆元西进入福建境内。该断层控制了舟山群岛的西边界,成为宁波盆地及大碇盆地的东南边界,并控制了天台盆地、仙居盆地等一系列盆地,断层形成于加里东期、对晚侏罗世岩浆喷出与侵入有直接影响,燕山晚期活动又相当强烈。新近系玄武岩沿断层展布,产状也发生明显变化。根据对该断层开展的野外地质调查,在天台盆地、丽水盆地及景宁一带,断层泥热释光测年在21~24万年之间。综合分析,该断层为最新活动时代在中更新世。沿断层发生过一些现代小地震。

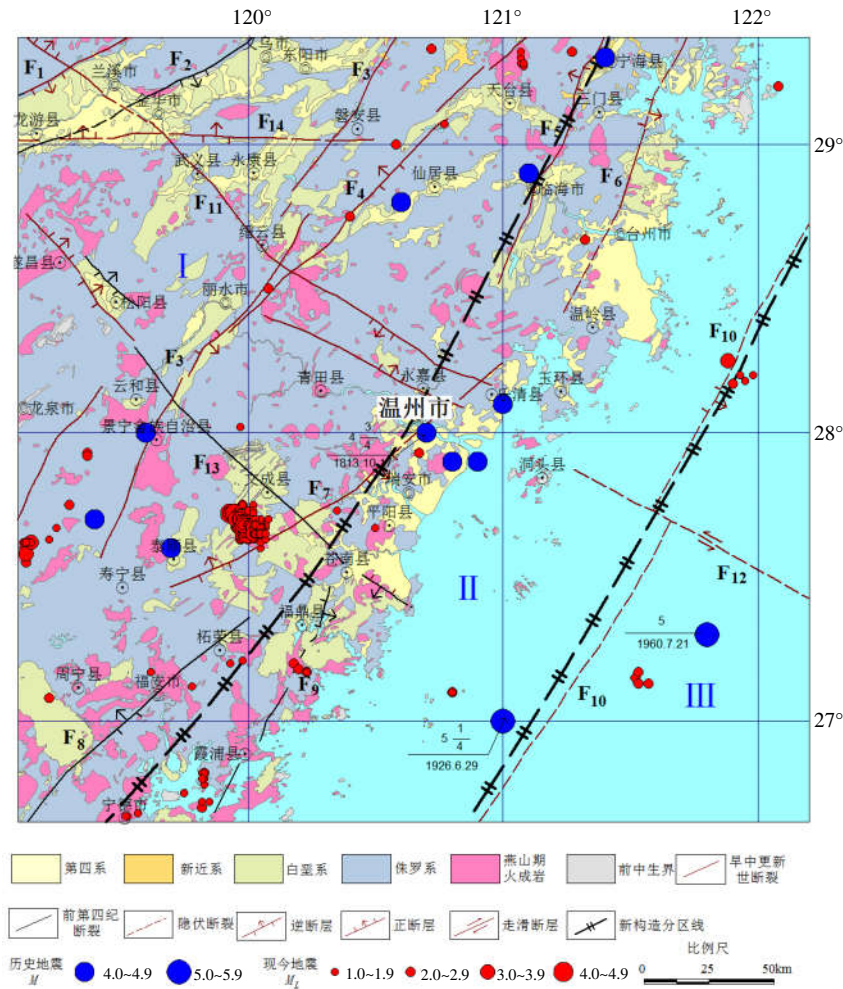


图3 温州市及邻区地震构造图

Fig.3 Seismic structural map of Wenzhou and its adjacent areas

表3 温州市及邻区主要断层一览表

断层名称及编号	产 状	性质	研究区内长度/ km	最新活动时代	地震活动
常山-漓渚断层 F1	30°~50°/ SE∠60°	正断	45	Qp ₁₋₂	
江山-绍兴断层 F2	40°~60°/ SE∠45°~ 85°	正断	90	AnQ	
余姚-丽水断层 F3	30°~50°/ SE∠70°~75°	逆断	240	Qp ₁₋₂	沿断层有 4.5~ $5\frac{1}{2}$ 级地震发生

(转下表)

(接表 3)

断层名称及编号	产 状	性质	研究区内长度/ km	最新活动时代	地震活动
奉化-丽水断层 F4	40°~60°/ NW ∠ 60°~80°	逆断	170	Qp ₂	沿断层有现今小震发生
镇海-温州断层 F5	20°~35°/ NW ∠ 60°~80°	逆断	130	Qp ₁₋₂	
岱山-黄岩断层 F6	20°~40°/ SE ∠ 80°	逆断	130	Qp ₁₋₂	
温州-泰顺断层 F7	40°~60°/ SE ∠ 70°~80°	正断、逆断	155	Qp ₂	
柘荣-福安断层 F8	30°~45°/ NW ∠ 70°	逆断	90	AnQ	沿断层有 4¼ 级地震发生
苍南-霞浦断层 F9	20°~30°/ SE ∠ 70°~80°	逆断	100	AnQ	
浙闽滨海断层 F10	40°/ SE ∠ 陡	逆断	330	Qp ₁	
淳安-永嘉断层 F11	300°~320°/ NE 或 NW ∠ 60°~80°	正断	200	Qp ₁₋₂	
洞头-宫古断层 F12	北西走向	左旋走滑	150	Qp ₁₋₂	沿断层有 5 级地震发生
景宁-苍南断层 F13	310°~320°/ NE 或 NW ∠ 60°~85°	逆断	190	AnQ-Qp ₁₋₂	
衢州-天台断层 F14	90°/ N ∠ 60°~80°	逆断	110	Qp ₁₋₂	

注：断层活动时代确定主要依据我单位多年来在浙江地区开展的大量地震地质工作的成果。

2.2.2 镇海-温州断层(F5)

该断层北起镇海，往南经奉化、宁海、临海一带，经温州入福建，总体走向 20°~30°，由数条 20°~30°左行斜裂逆冲走滑断层构成断层主体。布格重力异常和航磁异常在断层两侧有明显的变化。区域上断层控制了宁溪-三门、宁海、宁波等白垩纪盆地的生成发展，切割了裘村、西店等燕山期岩体，沿断层及两侧分布有新近纪玄武岩及基性、超基性岩筒。南溪一带有温泉及线性陡崖深谷。断层在长潭水库以南进入雁荡山地区后地表显示不明显，主要由于不同地质时期、不同方向断层持续活动以及火山活动、盆地的形成发展等构造作用使得这一地区北北东向的镇海-温州断层的地表形迹被改造，因此地表不发育^①。在研究区外的宁波大碇盆地西缘，根据物探和钻探资料结果，为晚更新世活动断层^②。在研究区内，野外地质调查、浅层地震勘探等证据认为断层的最新活动时代为早第四纪。

2.2.3 岱山-黄岩断层(F6)

该断层北起岱山岛北端，斜贯岱山岛、舟山本岛后，基本沿北北东走向经象山、三门湾、乐清湾、温州沿海一带展布，总体走向 20°~30°。重力上表现为一条成北东向延伸的重力梯级带。区域上该断层地表出露明显，地貌上沿断层多以谷地等负地形出现，并控制第四系盆地发育，在研究区北部外围的舟山本岛十字路附近，推测最新

活动时代在晚更新世早期^③；在温州一带，地表出露不佳，根据地球物理场资料，推测断层隐伏于乐清湾沿海至温州黄华镇沿海一带，从断层在乐清湾北部的基岩区的线性沟谷或线性山体地貌表现，分析该断层在温州一带的最新活动时代为早第四纪。

2.2.4 温州-泰顺断层(F7)

该断层北起乐清、温岭，向西南至温州，继续往南西经泰顺南，一直延入福建，总体走向 50°，温州一带断层东北起自四都镇东北，经白石镇、梧垌镇、丽岙镇北终止于陶峰镇西北。沿断层，在乌牛镇、陶山镇张染村、河山头村等多处出露断层剖面，破碎带宽度 1~5 m，断面上发育断层泥；在乐清市虹桥信岙村附近，断层发育于侏罗系黄褐色、褐色火山凝灰岩中，走向 30°，倾向北西，倾角 75°，断层破碎带宽 4 m，以角砾岩和碎裂岩为主，呈浅黄绿色、黄褐色，弱胶结，上覆 40~120 cm 左右的晚第四系崩坡积物，未受到扰动。沿断面可见少量断层泥，ESR 测年结果为(463±46) ka B.P.。综合在温州一带开展的野外地质调查，依据地质地貌、断层物质特征及测年资料等资料，认为该断层的最新活动时代属中更新世。

2.2.5 淳安-永嘉断层(F11)

该断层斜贯浙江中部，断层西北起自淳安西，往东南经兰溪、金华至永嘉南，总体走向 310°左右，倾向北东或南西，倾角 36~82°。该断层形成

① 浙江省地质矿产勘查开发局. 中华人民共和国区域地质矿产调查报告(1: 25 万温州幅)，1999.

于燕山期，由一系列走向北西的断层组成约 3~4 km 宽的断层带。在温州北部一带，断层沿线线性地貌表现较好，形成明显的沟谷、垭口地貌，断层沟谷两侧山脊线高差最大可达 80~100 m。综合地质地貌特征，认为淳安-永嘉断层在温州一带的最新活动时代为早第四纪。

从温州市及邻区主要断层与地震分布的空间位置关系可以看出，研究区的 4 $\frac{1}{4}$ 级以上地震大多发生在规模较大的北东向和北东东向断层带附近，有的发生在断层带交会区。例如，1813 年温州 4 $\frac{1}{4}$ 级地震发生在北东向温州-泰顺断层带与北西向淳安-永嘉断层带交会区附近，1866 年云和鹤溪 4 $\frac{1}{4}$ 级地震发生在北东向的余姚-丽水断层带与北西向的景宁-苍南断层带交会区。此外一些早第四纪断

层附近也有现代小震分布（如奉化-丽水断层、浙闽滨海断层）。

3 地球物理场与地壳结构

3.1 重力场特征

据 1:50 万布格重力异常图(图 4)，研究区重力场有如下四方面特征：

(1) 分区明显。以近海岸展布的北北东向零值线为界，其西北侧的大陆部分为负异常区，异常值(0~-60) $\times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，东南侧为正异常区，异常值(0~40) $\times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。反映了大陆与东海海域地形、地势的变化和地壳结构、构造的差异以及地壳和岩层厚度、上地幔密度的不同。

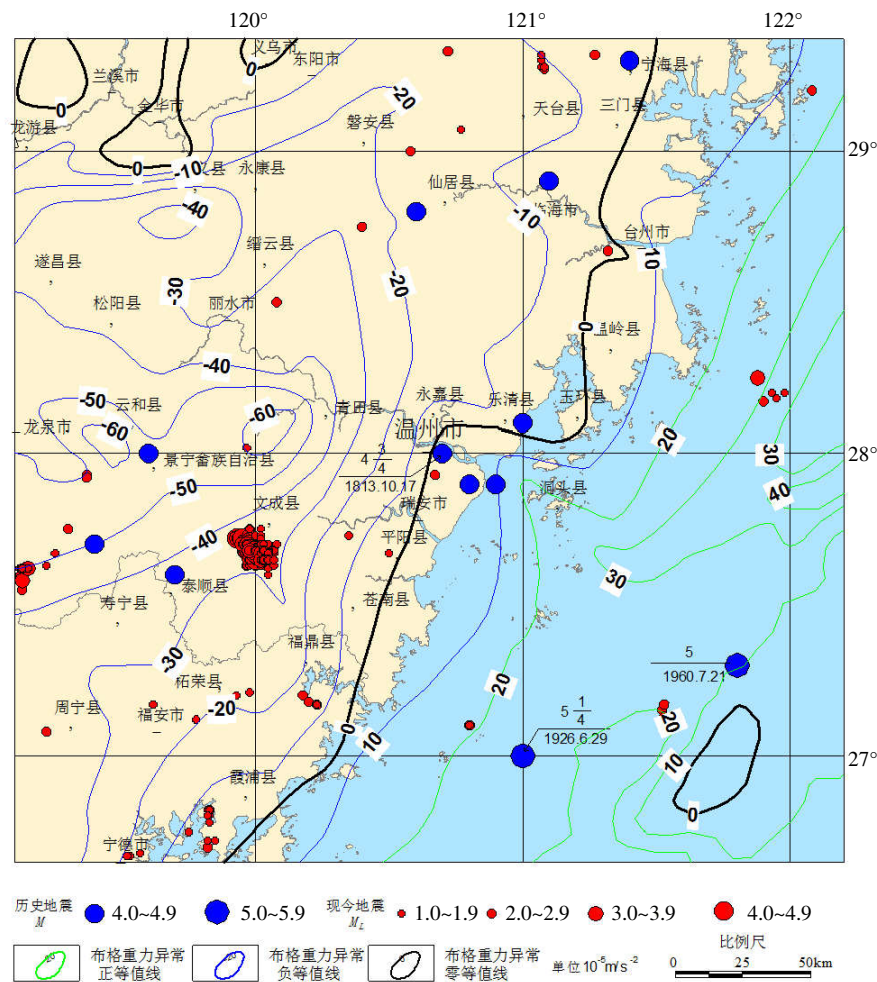


图 4 温州市及邻区布格重力异常等值线图

Fig.4 The Bouguer gravity anomaly contour map of Wenzhou and its adjacent areas

(2) 等值线走向变化大。研究区东南沿海地区等值线为北北东走向，形成了等值线呈北北东向的重力梯度带；青田至龙泉等值线呈近东西走

向并局部封闭，形成负值较大的异常区。东阳至龙游等值线呈北东东向，在其北部金华等地展布有近南北向零值线，形成异常的高值区；海域内

等值线总体表现为北东走向,有的形成了圈闭。

一般说来,在重力异常高值区多对应古老岩层的隆起及盆地分布,如金衢盆地;而重力异常低负地区通常对应古老岩层的拗陷部分或密度值较低的酸性岩浆的分布,如在青田-寿宁西北一带广泛分布从古生代到新生代不同时期的花岗岩体,且其延深较大。

(3) 梯度异常差异显著。青田-温州以南形成显著的重力梯度带,梯度值为 $-10 \times 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}/\text{km}$,而其它地区等值线较稀疏,梯度值要小得多。

温州以南沿海岸展布的北北东重力梯度带,与莫霍面、岩石圈地幔中的低速层顶界向西北方向倾伏的阶梯状变化呈对应关系。在东海海域中,重力场为北北东向梯度带,其西侧为东海陆架盆地的东

缘,东海陆架盆地内为新生代时期的巨厚沉积。

(4) 畸变带突出。从温州向东至海域,重力异常等值线由北北东方向急转为东南方向,后又转为北北东向,形成了北西方向的畸变带,此带内等值线变化梯度较大,可能与北西向断层带的展布有关。

3.2 航磁场特征

据 1:50 万航磁异常图(图 5),研究区内航磁具有如下特征:

研究区内的大陆及东海海域磁异常带总体走向为北东、北北东向,同时存在着北西向扭曲、错移。因此形成了磁异常的东、西分带和南北分块的特征。

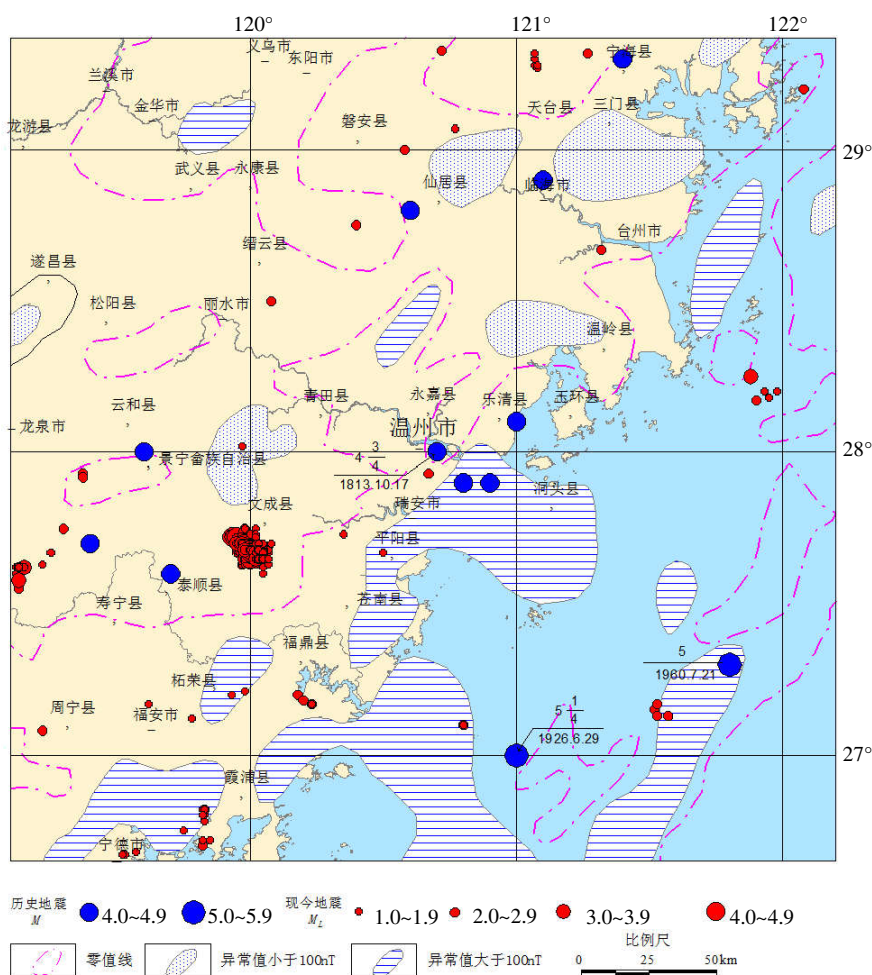


图 5 温州市及邻区航磁异常图

Fig.5 The aeromagnetic anomaly map of Wenzhou and its adjacent areas

研究区内,从西向东分为浙闽大陆磁场变化区、沿海磁力高带。

浙闽大陆磁场变化区主要为北东向、北北东向和北西向断层,以及燕山期花岗岩、火山岩的

反映。以零值线和局部 100 nT 左右等值线不大的闭合圈为特征,总体呈北东或北北东向、团块状展布。

沿海及东海陆架西缘为磁力高带,总体呈北

北东向,沿陆缘展布,异常值大于 100 nT,主要是侏罗-白垩纪花岗岩、火山岩的条带状展布

总之,区内磁异常在总体上具有北东、北北东的带状特征,同时以陆缘北北东向磁力高带为界,其两侧多有团块状磁异常区分布。

3.3 地壳结构与深部构造

根据重、磁资料以及人工地震爆破资料^[8],经计算得出地壳等厚度线图(图 6)。从图 6 中可以看出,研究区地壳厚度具以下三方面特征:

(1) 地壳厚度从西向东逐渐减小。在寿宁西北地壳厚度大于 34 km,是区内地壳最厚的地区,

由此向东至沿海一带为 30 km,东海西缘为 28 km,东海中部为 26 km,它们均属大陆型地壳。

(2) 地壳厚度梯度变化较大。以寿宁西北-温州一线为界,其东南部地壳等厚线呈北北东向展布,特别是沿海一带地壳厚度变化梯度较大,而在西北部地壳厚度变化梯度较小。

(3) 地壳厚度形态变化差异明显。研究区内寿宁西北附近 34 km 等厚线呈北东向椭圆状并半封闭,在青田附近,32 km 等厚线由北北东向北西向弯转。地壳等厚线形态变化特征说明地壳厚度除与地壳结构有关外,还与地壳的物质组成如岩浆岩分布和新生代沉积盆地等有密切的联系。

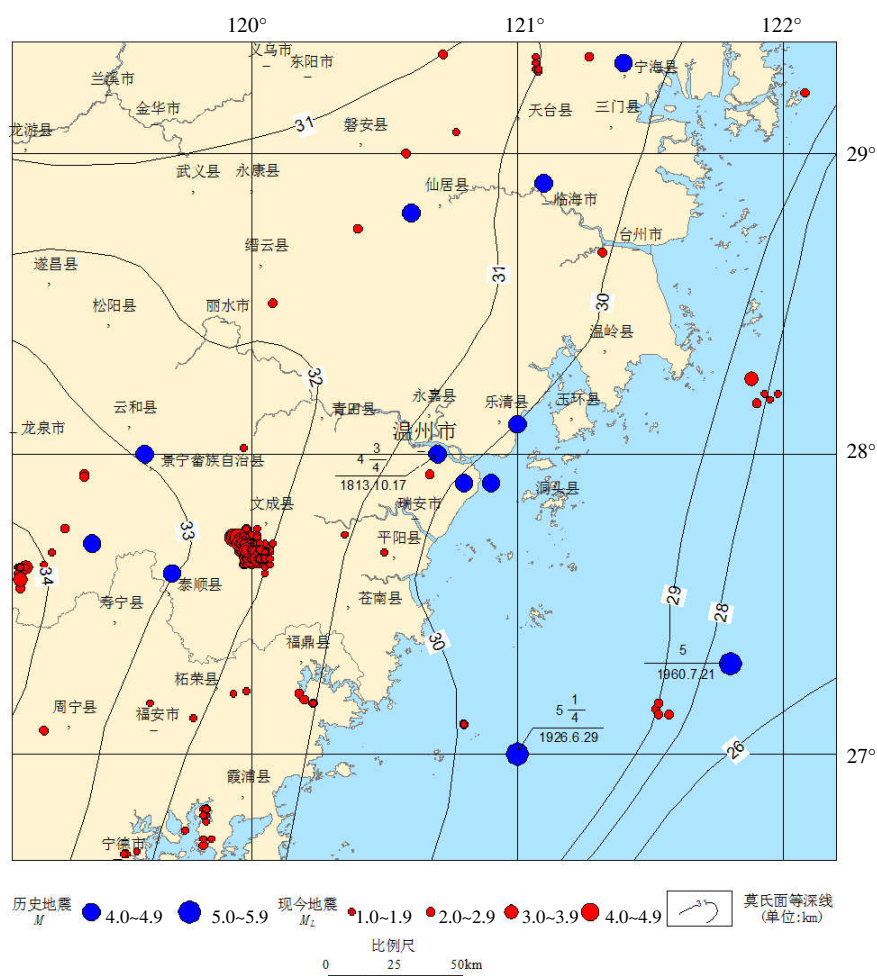


图 6 温州市及邻区地壳等厚度线图

Fig.6 The crustal thickness line map of Wenzhou and its adjacent areas

3.4 地震活动与地壳深部结构的关系

(1) 地震多发生在布格重力异常畸变带和异常块区内,如温州 1813 年 10 月 17 日 $4\frac{3}{4}$ 级地震和 3 次 4.0~4.5 级地震震中位于北西向畸变带内;1866 年 9 月 21 日 $4\frac{3}{4}$ 级地震和 2 次 4.0~4.5 级地震震中位于青田-寿宁西北异常块体内。

(2) 地震多发生在高磁异常区边缘,如温州 1813 年 $4\frac{3}{4}$ 级地震;东海海域 1926 年 $5\frac{1}{4}$ 级地震和 1960 年 5 级地震,震中位于大于 100 nT 磁异常区的边缘。

(3) 地震多发生在地壳厚度变化较大的梯度带内,从寿宁西部至温州到东海海域,其南侧地

壳等厚线总体呈北北东走向,其梯度比北侧大得多,一些中强地震多发生在南部地区。

4 温州市及邻区地震构造条件综合分析

温州市及邻区范围内有历史记载以来未发生过 6 级及以上地震,最大地震震级为东海海域中的 $5\frac{1}{4}$ 级地震。根据对温州市及邻区范围内地震构造、地球物理场及地壳结构等方面的研究,对温州市及邻区地震构造条件总结如下:

(1) 新构造时期,温州市及邻区的中低山区表现为整体间歇性掀斜抬升,沿海平原区整体沉降接受沉积,平原区与中低山区间发育的一些断陷盆地(如嵊州盆地、天台盆地、松阳盆地等),但沉积厚度不大,这反映了差异运动幅度不大的特点。第四纪以来特别是晚更新世以来本区新构造运动渐趋缓和,运动强度相对较弱,区内无全新世、晚更新世活动断层,大部分为前第四纪至早第四纪断层,说明本区不具备发生大地震的新构造与地震构造背景。

(2) 地球物理场及地壳结构研究表明,温州市及邻区范围内地壳运动强度较弱,相对较稳定,构造应力作用较弱,不具备发生强烈地震的构造条件,但研究区一些布格重力异常畸变带和异常块区、高磁异常区边缘、地壳厚度变化较大的梯度带内。这些地带也是地球物理场及深部构造异常的部位,是未来潜在发生 5 级左右破坏性地震的构造部位。

综上所述,温州市及邻区范围内不具备发生地表破裂型大震的构造条件,但具备发生中等地震的构造条件。

参考文献:

- [1] 国家地震局震害防御司编. 中国历史强震目录[M]. 北京:地震出版社,1995.
- [2] 国家地震局震害防御司编. 中国近代地震目录[M]. 北京:中国科学技术出版社,1999.
- [3] 顾功叙主编. 中国地震目录[M]. 北京:科学出版社,1983.
- [4] 刁守中,晁洪太. 中国历史有感地震目录[M]. 北京:地震出版社,2008.
- [5] 浙江省地质矿产局. 浙江省研究区地质志[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [6] 张虎男,陈伟光,黄坤荣,等. 华南沿海新构造运动与地质环境[M]. 北京:地震出版社,1991.
- [7] 李家彪. 东海研究区地质[M]. 北京:海洋出版社,2008.
- [8] 国家地震局深部物探成果编写组. 中国地壳上地幔地球物理探测成果[M]. 北京:地震出版社,1986.
- [9] 杨晓平,袁洪克,宋新初,等. 浙江宁波育王山山前隐伏断层勘探和新活动时代[J]. 地球科学,2011,36(6):967-976.
- [10] 宋新初. 城市活动断层探方法与实践[M]. 北京:地震出版社,2014.