

青岛即墨温泉盆地第四纪以来活断层 及其地质背景

梁光忠¹⁾ 郭玉贵²⁾ 黄永华²⁾ 孟繁友²⁾ 王建¹⁾

1) 中国海洋大学, 山东青岛 266100; 2) 青岛市地震局, 山东青岛 266101

摘要 根据野外地质观察和第四系的断错,在青岛即墨温泉盆地发现第四纪以来活断层。笔者在阐述了温泉盆地第四纪以来活断层的几何特征、构造特征的基础上,阐述了活断层产生的地质背景。用地震预测整体观的视角,认为盆地中第四纪以来活断层是与沧口—温泉活动断裂、温泉地热异常、地震异常、地球化学异常具有密切的成因联系。

关键词 即墨温泉; 活断层; 构造特征; 地质背景; 环境地质

中图分类号: P546

文献标识码: A

文章编号: 1006-3021(2008)04-434-06

Active Faults Existent since Quaternary in Jimo Hot Spring Basin and Their Geological Background

LUAN Guangzhong¹⁾ GUO Yugui²⁾ HUANG Yonghua²⁾ MENG Fanyou²⁾ WANG Jian¹⁾

1) China University of Oceanology, Qingdao, Shandong 266100; 2) Qingdao Earthquake Administration, Qingdao, Shandong 266101

Abstract Based on field geological observation and the preserved Quaternary offset, the authors discovered active faults since Quaternary in Jimo hot spring basin. This paper deals with geometry and structural characteristics of the active faults existent since Quaternary and geological setting for the formation of the active faults. Viewed from the earthquake-forecasting entirety, the authors hold that the active faults existent since Quaternary are closely related to the activity of Cangkou-Hot Spring active fault, geothermal anomaly, earthquake anomaly and geochemical anomaly in the hot spring basin.

Key words Jimo hot spring; active fault; structural characteristic; geological background; environment geology

活断层是指现今正在活动或持续活动的断层。早在1908年劳森(Lawson)就曾提出过活断层术语,但是中外学者对此术语给予不同的定义。松田时彦等(1968)认为活断层一般指第四纪或晚第四纪有过活动的断层,它们今后仍有可能再活动。国家地震局震灾防御司(1989)认为活(动)断层主要指第四纪期间,尤其是晚更新世(0.1 Ma)以来活动过的,并在今后仍有可能活动的断层。李起彤(1991)认为,为某些特殊需要,可以对活断层加上一些附加语,如新生代以来活断层、晚第三纪以来活断层、第四纪以来活断层等。

活断层是引起地震、海啸等地质灾害发生的重要诱发因素。随青岛城市化的飞速发展,高层建筑和大型设施的建设,一个城市防震减灾的环境问题也应允而生。从防震减灾的环境问题出发,借助于断层年代测试技术的提升,活断层研究已经提升到政府部门的议事日程。2003年,山东省政府发布关于《山东省地震活动断层调查管理规定》,2005年,在青岛市政府领导下,在青岛地震局的组织、协调下,拉开了青岛市活断层研究的序幕。

第四系是活断层研究的重要地质记录。Hancock等(1999)认为“晚第四纪温泉泉化沉积可以揭示新

本文由山东省自然科学基金项目(编号:Y2005E03)资助。

收稿日期:2007-08-15;改回日期:2008-02-13。责任编辑:刘志强。

第一作者简介:梁光忠,男,1951年生,教授,主要从事构造地质学研究;通讯地址:266100,山东省青岛市松岭路238号;电话:0532-66782488;E-mail:gzlguan@hotmail.com。

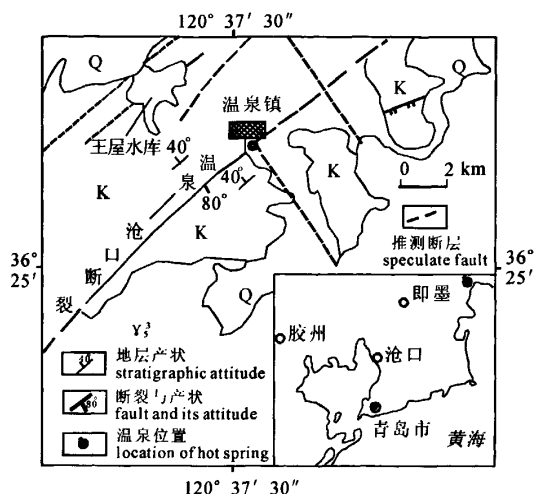


图1 青岛即墨温泉位置及地质略图

Fig. 1 Location of Jimo thermal spring in Qingdao and geological sketch map

Q-第四系; K-白垩系; γ_3^3 -燕山期花岗岩Q-Quaternary; K-Cretaceous; γ_3^3 -Yanshanian granite

构造运动属性和地质构造的历史”。笔者根据即墨温泉盆地第四系的层系划分和断错现象,将断错第四系断层命名为第四纪以来活断层,并阐述其构造特征及产生的地质背景。上述研究对青岛市活断层研究以及海域活断层声波探测资料解释具有重要意义。

1 青岛即墨温泉的区域地质特征

温泉位于即墨市东北的温泉镇(图1)。温泉水温平均66℃,最高水温93℃。水质为Cl-SO₄-HCO₃-Na-Ca型,总矿化度可达12 g/l。此外,地热水中含有Br、K、Ca、Mg、I等多种元素并含有放射性元素镭,氡含量58.51 Bq/l,为中氡地热水(徐脉直,2002),是一种具有特殊医疗作用的地热水。地热水携带的固形物为8092.60 mg/l。温泉水资源储量丰富,单井最大涌水量为1019 m³。在胶东14处温泉中,即墨温泉是胶东三大氯化物温泉(招远温泉、威海温泉和即墨温泉)之一。

青岛NE向沧口—温泉断裂被后期的NNW向断裂的交切成为控制温泉形成的主导性构造。在成因类型上青岛即墨温泉属于断层控制下的中-低温对流型地热系统(栾光忠等,2002a)。在上述断裂交汇处形成一个嵌状盆地,控制着温泉的形成以及温泉沉积的发育与保存。第四系厚度为15 m左右。第四系下伏地层为下白垩统青山组(K_{1q}),岩性为

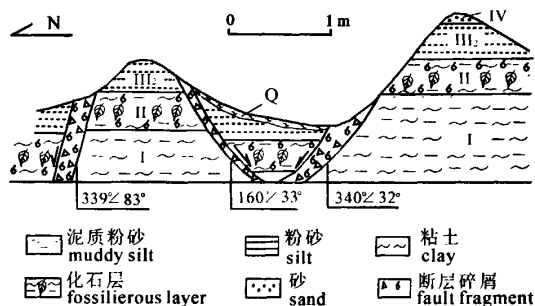


图2 温泉盆地堑—垒型第四纪以来活断层剖面图

Fig. 2 Geological section of trough-ridge type active faults formed since Quaternary in thermal spring basin

凝灰质碎屑岩和中、基性火山岩,厚约1580 m。从图1可以看出温泉位于崂山花岗岩体与青山组侵入接触的围岩边缘。

2 温泉盆地第四系层系划分

根据温泉盆地不同部位第四系发育情况,选择代表性的剖面取样。经XRD测试分析,即墨温泉盆地第四系自下而上划分为层I、层II、层III₁、层III₂和层IV。其中,层I、层II和层III₂在同一剖面分层明显(图2)。

层I:沉积物呈黄绿色、土黄色,粉砂质粘土,水平层理发育。样品中的石英,多被浸染成红色,反映层I为湖沼相沉积物。

层II:沉积物呈灰白色粘土。含有丰度极高的直隶小旋螺(*Cyraulius chihliensis*)和土星介(*Ilyocypris* sp.)等陆相生物化石和大量植物化石。对照中国腕足类化石图册(余汶等,1963)上述化石所表示层II的地质年代为早、中更新世(Q₁₊₂)(栾光忠等,2003)。

层III₁:分布于温泉地热中心。有人认为(栾光忠等,2003),层III₁是温泉地热水对原始湖沼沉积物的冲蚀、沉积,经水热蚀变和水热矿化形成的温泉的喷流沉积物。

层III₂:沉积物为黑色粘土为主,经XRD测试分析,沉积物含有岩盐、石膏矿物(岩盐<1%,石膏<3.5%)。根据上述矿物的空间分布,层III₂是温泉地热水穿越层I、层II并与盆地其他水体混合,搬运的沉积物在喷流区外围形成的温泉越流沉积(栾光忠等,2005)。层III₂层理发育,厚度不定,多为1~3 m。

层IV:沉积物以黄棕色、紫红色粉砂为主,层IV

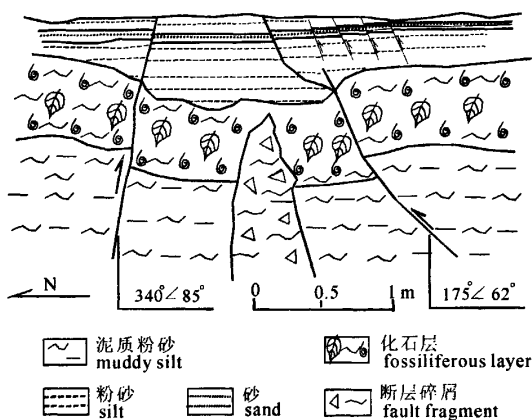


图3 温泉盆地对冲式第四纪以来活断层剖面图

Fig. 3 Geological section of ramp type active faults formed since Quaternary in thermal spring basin

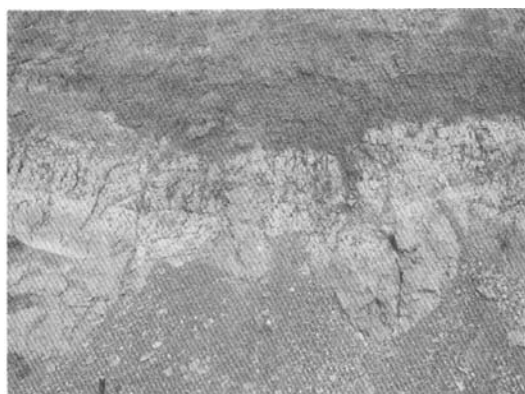


图4 温泉盆地对冲式第四纪以来活断层

Fig. 4 Ramp type active faults formed since Quaternary in thermal spring basin

厚约 2~4 m, 根据沉积物的上述特征, 层 IV 属于温泉盆地的湖沼相沉积。

3 盆地第四纪以来活断层的构造特征及其地质时代

3.1 第四纪以来活断层的构造特征

第四纪地层的断错是活断层存在的重要标志(李起彬, 1991)。断错包括显性断错和隐性断错。前者往往以断层、张裂面产出。而后者以沉积物颗粒的位移、旋转等隐性变形产出(晁洪太等, 2000)。根据盆地第四系断错的规模, 盆地第四纪以来活断层从大到小有破碎带型、剪切面型、张裂型、矿物充填型。按照组合形式有堅-垒型、对冲型、人字型和单组型。现就规模较大的堅-垒型、对冲型两断层进行描述如下。

3.1.1 温泉镇中学西侧堅-垒型第四纪以来活断层

断层出露于温泉镇中学西侧河谷的第四系剖面。断层断错地层为层 I、层 II 和层 III₂。断层两盘相当层对应明显。断层走向 NEE, 倾向 340° 和 160°, 倾角 83° 和 33°。断裂带中沉积物破碎现象明显, 形成破碎的“泥砾”。“泥砾”大小不一, 最大颗粒的直径可达 1 cm。由于被断地层沉积物为较松散的泥质、粉砂质沉积, 在断层破碎作用下, 形成宽达 0.5 m 的破碎带。破碎带中还含有大量的直隶小旋螺(*Gyraulus chihliensis*)和土星介(*Ilyocypris* sp.)生物介壳。由图 4 可以看出, 两盘落差近 1 m。从整体上观察, 断层为两堅夹一堅正断层组合(图 4)。由于断层明显错断富含直隶小旋螺(*Gyraulus chih-*

liensis)和土星介(*Ilyocypris* sp.)化石的层 II, 而上述化石地质时代为早、中更新世(Q₁₊₂), 说明上述断层活动的地质时代为早、中更新世(Q₁₊₂)后。断层主要的构造特征表现为: ① 断层断错层 I、层 II 和层 III₂ 的第四纪松散地层; ② 断层上盘下降, 具有张性性质, 造成相当层近 1 m 的地层断距; ③ 断层形成近 0.5 m 宽的破碎带, 带内为破碎的构造“泥”砾和直隶小旋螺化石(*Gyraulus chihliensis*)和土星介(*Ilyocypris* sp.)生物介壳; ④ 断层面倾向 NNW (340°), 倾角 30°~20°不等, 走向 NEE, 与华北现代构造应力场中主压应力的方向(周翠英等, 2005)一致; ⑤ 断层活动的地质时代为早、中更新世(Q₁₊₂)后。

3.1.2 温泉镇伊美路 10 号别墅基坑对冲式第四纪以来活断层

断层位于温泉镇伊美路 10 号别墅基坑东侧。断层明显错断地层为层 I、层 II, 隐性断错层 III₂ 和层 IV, 断距从下向上逐渐变小(图 3)。同时, 断层明显控制层 III₂ 的厚度, 使下降盘地层厚度明显增厚, 具有同沉积断层特征(图 4)。其中 N 侧断层走向 NEE, 倾向 340°, 倾角 85°。S 侧断层走向 NEE, 倾向 175°, 倾角 62°。两条断层均有上盘上升的逆断层性质, 断距约为 0.25 m, 两者在剖面上构成一对对冲式逆断层组合(图 2)。由于断层明显错断富含直隶小旋螺(*Gyraulus chihliensis*)和土星介(*Ilyocypris* sp.)化石的层 II, 而上述化石地质时代为早、中更新世(Q₁₊₂), 说明上述断层活动的地质时代为中、下更新世(Q₁₊₂)后。断层的构造特征如下: ① 断层明显断错层 I、层 II, 隐性断错层 III₂ 及上覆地层; ② 断层上盘上升, 具有逆断层特征, 形成约为

表1 沧口—温泉断裂构造年代测定资料
Table 1 Dating data of Cangkou-Wenquan fault

样品代号	取样地点	样品	测试方法	年代 /k a	地质年代
CY-1	四流中支路	断层泥	TL	140.3 ± 8.6	中更新世
CY-2	青岛人民印刷厂	断层泥	TL	130.0 ± 10.1	中、晚更新世
CY-3	拖车乔	断层泥	TL	260.7 ± 7.8	中更新世

注: 资料来自国家地震分析预报中心等单位, 1995。

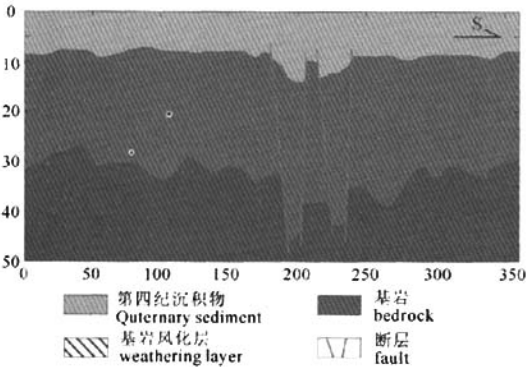


图5 即墨温泉盆地基底断裂地震地质剖面图
(据薛荣俊等, 2005)
Fig. 5 Seismic geological section of basement faults
in thermal spring basin (from Xue et al., 2005)

0.25 m 的地层断距; ③ 两条断层面走向 NEE, 倾向相反, 分别为 340° 和 176°, 倾角为 85° 和 62°, 两者构成对冲式逆断层; ④ 上下地层断距不一致, 断层使层 I、层 II 形成明显断错, 而使层 III₂、层 IV 形成隐性断错。反映断层具有持续活动, 且活动性逐渐变小的同沉积断层的构造特征。上覆层 III₂、层 IV 不等厚, 下降盘厚度增大, 断层活动形成的原始地形, 即小地沟 (卢海峰, 2006) 控制上覆地层厚度 (图 2)。也反映层 II 与层 III₂ 之间存有沉积间断; ⑤ 断层活动的地质时代为早、中更新世 (Q₁₋₂) 后, 故命名为第四纪以来活断层。

4 盆地第四纪以来活断层活动的地质背景

4.1 盆地第四纪以来活断层活动的地质构造背景
沧口—温泉断裂是鲁东地区牟—即断裂带向青岛的延伸, 是胶莱拗陷与文登—胶南隆起 III 级构造单元的分界断裂 (栾光忠等, 2001)。也是控制即墨温泉形成的主导性构造。断裂自 SW 向 NE 在南岭、拖车乔、窝落子等地均有剖面出露, 至温泉隐伏于盆地第四系之下。盆地第四系成为沧口—温泉断

裂第四纪以来活动的地质记录。根据断裂构造年代在 (260.7 ± 7.8) ~ (130.0 ± 10.1) ka 之间 (表 1), 沧口—温泉断裂属于第四纪活动断裂, 其新近活动可延续至中更新世末, 或晚更新世初。这与盆地第四纪以来活断层断错中、下更新统的地质时代吻合。因此, 第四纪以来活断层造成盆地中、下更新统的断错是沧口—温泉断裂第四纪以来活动的地质记录, 成为第四纪以来活断层形成的地质构造背景。

地表第四系断裂应是基底活动断裂活动的表征。为了查明盆地基底断裂与第四纪以来活断层的成因联系, 应用 WZG-24 工程地震仪。采用地震映像法、折射波法和多次覆盖反射波法, 薛荣俊等沿垂直沧口断裂的方向上完成两条地震地质剖面 (图 5)。通过地震地质剖面图可以发现, 盆地第四系的断错是盆地基底断裂的表征, 与盆地基岩断裂的堑、垒状组合密切相关。

除 NE 向断裂外, 盆地周边还广泛发育有 NNW 向断裂, 其切割 NE 向断裂形成堑状盆地。有人认为 NNW 向断裂是中国东部的现代活动性断裂 (王文正等, 2001)。也有人认为华北广泛发育的 NNW 向断裂是胶州湾 3.2 地震的控震断裂之一 (栾光忠等, 2002b)。上述情况均可成为盆地第四纪以来活断层活动的地质构造背景。

4.2 温泉盆地第四纪活断层活动的地震地质背景

青岛地区位于郯庐断裂强地震带, 蓬莱—威海、响水—千里岩断裂中强地震带围限的中心地带。即墨地区也是这中心地带的一部分, 存在着受上述地震带地震波及和引发地震的潜在危险。另外, 即墨地区基岩系层状的中生界, 与青岛区内花岗岩相比, 质地脆弱, 在同样构造应力作用下, 应力集中以及断裂的发育程度、地震活动的频度比花岗岩区要高。在地震区划上, 有关单位将即墨地区划分为“中、小地震活动区”。

在即墨区内, 历史上在崂山北宅劈石口断裂两侧的曾发生 4.5 级地震 (1924-2-19, 据省地矿局青岛灾害地质图)、王哥庄海域 4.75 级地震 (1906-8)

和田横岛海域 4.75 级地震(1906-9)上述地震均是邻近即墨地区发生的地震。此外,由黄海 6.5 级地震和上述两次 4.75 级地震以及一系列 NW、NNW 微震带构成岙山卫—即墨中强地震带。发生在 2003 年、2004 年崂山 4.1 和 3.6 级地震是上述微震带的组成部分,均是邻近即墨温泉盆地的地震活动。另外,即墨区内是一个地震高发区域和受区外地震影响的区域。因此,盆地第四纪以来活断层与即墨区内地震活动有密切的关系,发现的第四纪以来活断层以及相应的断层碎屑是否是地震断层以及有人提出的震积岩(田洪水等,2007)有待进一步研究。

4.3 温泉盆地第四纪活断层活动的地热地质背景

温泉盆地的地热异常现象十分明显,温泉地热水平均水温为 66℃,最高水温达 93℃,温泉地热梯度可达 13℃/100 m,这与华北 3℃/100 m 的平均地热梯度相比,盆地明显出现地热异常现象。在温泉盆地地热区反映地热异常有以下现象:① 地热区农作物早熟;② 冬天雪后积雪提前的融化;③ 岩石水热蚀变现象(硅化,碳酸岩化,绢云母化,黄铁矿化)明显,这也于地热水中所含的矿物以及热水侵入围岩与围岩相互作用有直接反映;④ 温泉周围有黑色矿泥出露或埋藏于第四纪沉积物下面;⑤ 温泉沉积物中发现硅质“燕窝”、热液型石膏、砷铅铁矾、赤铁矿等温泉热水沉积的指示物(栾光忠等,2005)。

4.4 温泉盆地第四纪活断层活动的地球化学背景

即墨温泉大地构造位置位于胶南—文登隆起区,区内没有第三纪以来的膏、盐沉积。花岗岩地区水质矿化度低,具有简单的地球化学背景。但由于盆地下部断裂构造控制的地热系统的物质供应—温泉地热水以特殊地球化学组分形成了温泉盆地地球化学异常背景。

在温泉地热中心取层Ⅲ₁ 喷流沉积进行地球化学元素测试分析,将测试数据转换成元素百分含量,应用(浓度)重量克拉克值方法进行比较,发现铁(Fe)、锂(Li)、锶(Sr)、镧(La)、铈(Ce)、钪(Sc)、钡(Ba)、铅(Pb)、钾(K)、钍(Th)元素含量均大于地壳的费尔曼含量克拉克值,表明上述元素在温泉地热中心喷流沉积中形成正异常。尤其是铁(Fe)、锂(Li)、镧(La)、铈(Ce)、钪(Sc)5种元素在上述两个样品中均出现正异常,充分说明温泉盆地喷流区为地球化学异常区另外,在喷流沉积中出现放射性元素钍(Th)正异常,这与温泉喷流沉积吸附地热水中的放射性元素有关。此外,在地热水中含有镭、氡等放射性物质。上述物质的存在均说明即墨温泉地

热中心存在着地球化学异常。

综上所述,沧口—温泉第四纪活动断裂是控制温泉形成和温泉沉积的主导性构造。而地震异常、地热异常和地球化学异常又在第四纪活动断裂——沧口断裂的控制之下,符合高文学等(2002)提出的活动断裂(构造)带—地热异常带—地震异常带—地球化学异常带的地震预测整体现。

5 结论与讨论

(1)根据沉积学、矿物学特征,温泉盆地第四系被划分为层Ⅰ、层Ⅱ、层Ⅲ₁、层Ⅲ₂和层Ⅳ。由于层Ⅱ中的直隶小旋螺(*Gyraulus chihliensis*)、土星介(*Ilyocypris* sp.)化石相对年代为早、中更新世(Q₁₊₂),故将断错层Ⅱ及上覆地层的断层命名为第四纪以来活断层。

(2)根据野外直接观察,温泉盆地第四纪以来活断层从组合类型上可划分为堑—垒式、对冲式和单组式等组合形式。从两盘的运动方式上分,可分为正断层、逆断层。其中堑、垒的正断层在力学性质上,具有张性特征,与青岛现代构造应力方向吻合。

(3)即墨温泉盆地断错第四系的活断层的发现,对配合山东省和青岛市开展活断层的调查与研究具有重要的意义。盆地第四系中、下更新统也是青岛活断层深入研究的物质基础和重要地质纪录。

(4)即墨温泉盆地第四纪以来活断层活动是与沧口—温泉第四纪活动断裂、温泉地热异常、地震异常、地球化学异常具有密切的相关性,具有复杂的地质、地热背景,以此也可作为盆地第四纪活断层具有再活动可能性的依据。

(5)对即墨温泉盆地第四纪以来活断层的研究还有待深入。用热释光(TL)方法确定盆地第四系的绝对年龄和断层的构造年代,为青岛市活断层研究,防震减灾发挥积极作用。

参考文献

- 晁洪太,邓起东,李家灵,王志才,满洪敏. 2000. 第四纪松散沉积物中隐性活断层的显微构造特征[J]. 地震地质, 22(2): 147 ~ 156.
- 高文学, 蒋凤亮, 高庆华, 张业成, 朱克文. 2000. 地球化学异常—地震预报整体现的探测[M]. 北京:地震出版社, 81.
- 卢海峰. 2006. 浅谈活断层及其研究方法[J]. 江苏地质, 30(2): 89 ~ 93.
- 栾光忠, 张海平. 2001. 青岛沧口—温泉断裂的空间展布及现代活动性研究[J]. 地震地质, 23(1): 163 ~ 168.
- 栾光忠, 刘红军, 刘冬雁, 王文正. 2002a. 山东半岛温泉的地热属性及其特征[J]. 地球学报, 23(1): 79 ~ 84.

- 栾光忠, 刘红军, 刘冬雁. 2002b. 青岛胶州湾 3.2 级地震构造背景与控震断裂[J]. 青岛海洋大学学报, 32(5):763~769.
- 栾光忠, 王文正, 刘东生, 刘激. 2003. 青岛即墨温泉喷流沉积物及其沉积模式[J]. 地球学报, 24(4):357~360.
- 栾光忠, 曹立华, 王文正, 余晓玲, 田振环. 2005. 青岛即墨温泉盆地热水沉积指示物及其指示性意义[J]. 中国海洋大学学报, 35(5):875~880.
- 李起彤. 1991. 活断层研究及其工程评价[M]. 北京:地震出版社, 2.
- 松田时彦, 冈田笃正. 1968. 活断层[J]. 第四纪研究, 7(4):188~199.
- 田洪水, 李洪奎, 王金光, 郭广军, 张增奇. 2007. 沂沭断裂带及其近区的地震成因岩石新认识[J]. 地球学报, 28(5):496~505.
- 王文正, 栾光忠. 2001. 华北地区 NNW 向断裂的现代活动性特征[J]. 海洋湖沼通报, (4):6~11.
- 徐脉直. 2002. 即墨温泉地热的开发前景[C]. 青岛地质学会 2002 年论文摘要.
- 余汶, 王惠基, 李子舜. 1963. 中国腕足类化石[M]. 北京:科学出版社, 286.
- 周翠英, 王铮铮, 蒋海昆, 李永红, 吴延河. 2005. 华东地区现代地壳应力场及地震断层错动性质[J]. 地震地质, 27(2):273~287.
- and Geology, 23(1):63~68 (in Chinese with English abstract).
- LUAN Guangzhong, LIU Hongjun, LIU Dongyan, WANG Zhengwen. 2002a. Geothermal attributes and characteristic of warm spring in Shandong peninsula[J]. Acta Geoscientia Sinica, 23(1):179~84(in Chinese with English abstract).
- LUAN Guangzhong, LIU Hongjun, LIU Dongyan. 2002b. The background of seismic structure and controlled-earthquake faults of 3.2 grade earthquake in Jiaozhou bay of Qingdao[J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 35(5):763~769 (in Chinese with English abstract).
- LUAN Guangzhong, WANG Wenzheng, LIU Dongsheng, LIU Ji. 2003. The eruptive flow sediments in warm spring of Qingdao and its depositional Model[J]. Acta Geoscientia Sinica, 24(4):357~360 (in Chinese with English abstract).
- LUAN Guangzhong, CAO Lihua, WANG Wenzheng, XU Xiaoling, TIAN Zhenhuan. 2005. Indicators of hydrothermal sedimentation in Jimo hot basin in Qingdao and its Indicative significance[J]. Journal of Ocean University of China, 35(5):875~880 (in Chinese with English abstract).
- HANCOCK P L, CHALMERS R M L, ALTUNEL E, et al. 1999. Traversionics; using traverines in active fault studies[J]. Journal of Structural Geology, 21:903~916.
- SONG Tianshiyan, GANG Tianduzheng. 1968. Active fault[J]. Quaternary Period, 7(4):188~199 (in Chinese with English abstract).
- TIAN Hongshui, LI Hongkui, WANG Jinguang, GUO Guangjun, ZHANG Zengqi. 2007. New Recognition of Seismogenic Rocks in the Yishu Fault Zone and Its Periphery[J]. Acta Geoscientia Sinica, 28(5):496~505 (in Chinese with English abstract).
- WANG Wenzheng, LUAN Guangzhong. 2001. The characteristic of modern activity of NNW direction fault in Huabei area[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, (4):6~11 (in Chinese with English abstract).
- YU Wen, WANG Huiji, LI Zishun. 1963. Chinese brachiopod type fossil[M]. Beijing:Publisher of the Science, 286 (in Chinese).
- ZHOU Cuiying, WANG Zhengzheng, JIANG Haikun, LI Yonghong, WU Yanhe. 2005. The modern crustal stress field and offset characteristic of seismic faults in Huabei area[J]. Seismology and Geology, 27(2):273~287 (in Chinese with English abstract).

References

- CHAO Hongtai, DENG Qingdong, LI Jialing, WANG Zhicai, MAN Hongmin. 2000. Characteristic of microstructures in invisible faults in unconsolidated Sediments[J]. Seismology and Geology, 22(2):147~156 (in Chinese with English abstract).
- GAO Wenxue, JIANG Fengliang, GAO Qinghua, ZHANG Yecheng, ZHU Kewen. 2000. Geochemical abnormality -The exploring of entirety view of seismic forecast[M]. Beijing:Publisher of Earthquake, 81 (in Chinese).
- LI Qitong. 1991. Active fault and its engineering evaluation[M]. Beijing:Seismological Press, 2 (in Chinese).
- LU Haifeng. 2006. Discussions on active faults and their study methods[J]. Jiangsu Geology, 30(2):89~93 (in Chinese with English abstract).
- LUAN Guangzhong, ZHANG Haiping. 2001. Plane geometry and modern activity of the Qingdao Cangkou-hot spring fault[J]. Seismology