

Review of Regional Tectonics of Longnan

Yinqiang Bi^{1,2}, Yaming Tang^{2*}, Maosheng Zhang², Wei Feng², Fei Li^{1,2}

¹State Key Laboratory of Continental Dynamics, Department of Geology, Northwest University, Xi'an Shaanxi

²Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Key Laboratory for Geo-Hazards in Loess Area, MLR, Xi'an Shaanxi

Email: 1239219175@qq.com, *tangyaming73@sohu.com

Received: Apr. 20th, 2016; accepted: May 5th, 2016; published: May 12th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Longnan area plays a vital role in studying the tectonic evolution of Chinese mainland. This paper mainly adopts the methods of literature research and is based on the comparative study of the geological structure of Longnan area at home and abroad, which gives an introduction and comment of regional tectonics of Longnan on the domestic argumentation concerning tectonic setting, history of the tectonic evolution, regional structure and current activity of fault. What's more, the riverine areas of Chouni River were tested and studied by geophysical prospecting. We found Luojiabu-Mudan fault, which is a new secondary fault of LiXian-Luojiabao fault with a certain angle, that the length is about 20 km, the overall trend is NNW28°, the fault composed of the nearly three parallel faults, and the activity of fault is strong.

Keywords

Review, Geological Structure, Luojiabu-Mudan Fault Zone, Longnan

陇南区域地质构造研究现状综述

毕银强^{1,2}, 唐亚明^{2*}, 张茂省², 冯卫², 李飞^{1,2}

¹西北大学地质学系/大陆动力学国家重点实验室, 陕西 西安

²中国地质调查局西安地质调查中心/国土资源部黄土地质灾害重点实验室, 陕西 西安

Email: 1239219175@qq.com, *tangyaming73@sohu.com

收稿日期: 2016年4月20日; 录用日期: 2016年5月5日; 发布日期: 2016年5月12日

*通讯作者。

摘要

陇南地区在研究中国大陆构造演化历史中具有重要的意义。本文主要以文献研究手段,在对国内外陇南区域地质构造比较研究的基础上,从大地构造背景、构造演化、区域构造以及现今活动性等四个方面入手,对现有的陇南区域地质构造研究成果进行了论述,并采用物探手段对稠泥河沿河地区进行了测试和研究。研究发现与礼县-罗家堡断裂呈一定交角方向上存在一条新的次级断裂——罗家堡-牡丹断裂,长约20 km,总体走向NNW28°,断裂由3条相互平行或斜列的次级断裂组合而成,活动性较强。

关键词

研究现状, 地质构造, 罗家堡-牡丹断裂, 陇南

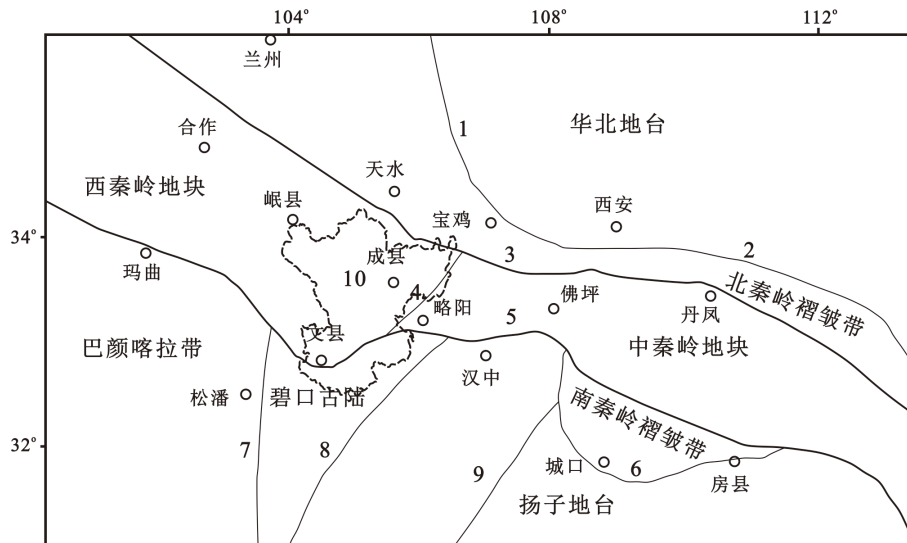
1. 引言

南北活动构造带是我国现今构造活动最为强烈的地区,该带地震次数多且强度大,其强震数约占我国大陆强震总数的三分之一[1],是崩滑流地质灾害高易发区,也是历史上灾难性地震地质灾害频发区。而陇南恰好处于南北活动构造带与东西祁秦构造带的交叉部位,地质构造尤其复杂,地震活动性强,地震烈度 VII~VIII,基岩滑坡和大部分土质滑坡均发生在地震之后。据统计,研究区 70 年代发生的滑坡有 80% 是由 1976 年松潘地震引起的。

由于陇南地区既有南北经向构造活动和行迹,也有东西纬向构造活动和行迹,表现出复杂的活动构造特征,因此陇南地区不仅是地震高烈度区,而且也是地质灾害的高易发区。如陇南武都区地质灾害的发育程度、暴发频率、发生规模和危害、威胁程度均居全国之首[2]。因此,本文主要以文献研究手段,在对国内外陇南地区地质构造比较研究的基础上,从大地构造背景、构造演化、区域构造以及现今活动性等四个方面入手,对现有的陇南区域地质构造研究成果进行了论述,并采用物探手段对稠泥河沿河地区进行了测试和研究,为新构造、活动构造与地震地质方面的进一步调查研究奠定基础。

2. 大地构造背景

青藏高原东北部的陕甘川地区是中国构造分区中南北与东西构造分区的交汇位置[3] (图 1)。许多学者认为印度板块与欧亚板块的碰撞及其后的印度板块向北楔入作用所引起的挤压应力以及受到较为稳定的阿拉善及鄂尔多斯块体阻挡的共同作用导致了青藏高原强烈隆升,而青藏高原的向北东挤压作用造就了陇南地区从东昆仑断裂向西秦岭北缘断裂逐渐转换过渡的复杂构造系统[4]-[7],并且过渡过程中运动分量的吸收和转换来源于陇南地区近于平行的北西向断裂及其与这些断裂组成“V”字型构造的北东向断裂系统,并且断裂走滑位移的转换主要是通过青藏高原向 NE 方向的扩展和局部次级块体的侧向滑动调整所完成的,而运动转换过程造成了过渡断层上的局部应力集中促使地震发生,特别是临潭-宕昌断裂是东昆仑断裂系统和西秦岭断裂系统之间一个重要的转换纽带,其可能受来自西秦岭北缘断裂本身及青藏高原向北东推挤过程的影响,因此更容易发生地震[8]。据史料记载,东昆仑断裂和西秦岭断裂均发生过大于等于 7 级地震,尤其是陇南地区“V”字型断裂系统中的北东向断裂引发了一系列中强地震[8] [9],如礼县-罗家堡断裂发生了礼县 8 级地震,临江断裂或哈南-青山湾-稻哇子断裂发生了 1879 年武都 8 级地震[10]-[12]。



1-贺兰断裂带；2-石门-马超营断裂带；3-天水-丹凤主缝合带；4-徽成盆地；5-文县-略阳断裂带；6-城口-房县断裂带；7-松潘缝合带；8-龙门山断裂带；9-华盖山断裂带；10-研究区

Figure 1. The thumbnail about the distribution of regional structural unit in the west Qinling and adjacent regions [13]

图 1. 西秦岭及邻区区域构造单元分布关系略图(引自文献[13])

3. 构造演化

晚奥陶世加里东运动，秦岭、祁连、松潘-甘孜全面沉降，秦祁海形成；志留纪末祁连运动，秦祁古海板块向北俯冲，北秦岭加里东褶皱带形成[14]，而且西秦岭与华北板块发生碰撞，使得西秦岭整体抬升，大部分成为陆地；海西早期秦岭古海进入地槽下沉阶段，南秦岭北带接受优地槽型沉积，南部为冒地槽型沉积，松潘-甘孜与北带相同，属优地槽沉积，而且西秦岭地块从早泥盆世晚期开始由东部开始形成伸展盆地，并在中泥盆世达到最大。随后，由于东部受到挤压，盆地逐步向西发展，形成了一种东部逐渐抬升、西部逐渐向西伸展下陷的状况。晚泥盆世受到挤压，北部形成前陆盆地。海西末期北秦岭古海收缩闭合隆起褶皱成山，礼县-柞水海西褶皱带形成，松潘-甘孜古海基地的碧口群也回返出露地表，印支运动初期古海板块继续向北俯冲，南秦岭古海板块发生拉张，张裂带形成，巨厚的下、中三叠统复里石建造形成，西秦岭沉积盆地也逐渐形成，它是南部伸展盆地和北部前陆盆地共同发展的结果[13]。印支运动中晚期，西秦岭褶皱山系形成。

之后，受迭部-白龙江、成县-太白山弧形断裂左行走滑的影响，在褶皱弧顶及以东位置发生走滑伸展，形成长条形的地堑-半地堑盆地。同期沿青川断裂、西秦岭北缘断裂、礼县-罗家堡断裂以及西和断裂分别形成了天水盆地、安化-成县盆地以及西和盆地。受断裂运动学调整的影响，西秦岭地区新近纪盆地遭受挤压而发生构造反转。新近纪盆地的形成与反转历史清楚地记录了青藏高原东北缘新近纪晚期向东构造挤出的过程[15]。

早更新世至中更新世，青藏高原剧烈抬升至 3000 m 以上，地面切割强盛，季风加剧。晚更新世，青藏高原再次抬升，高原东缘山地新构造运动强盛，秦岭南北两坡阶地抬较其它时期为高，山势趋于陡峻，岩层断裂破碎。晚更新世后期至全新世间，印支板块继续向北推挤，青藏高原东部的陇南山区又历经了一次抬升运动，但地壳升降幅度大大衰减，表现在本区新构造运动十分活跃，特别是南带隆起剥蚀加剧，地形切割强烈，构成现代复杂的地貌景观，奠定了现代地质构造的基础。在古老的剥蚀面上，依次沉积了下更新统石质黄土、中更新统冲积黄土、上更新统马兰黄土与全新统近代黄土[16]。

4. 区域构造

陇南地区地处秦岭山系, 介于青藏高原、黄土高原和四川盆地三大地貌单元之间, 以西秦岭构造块体为主体, 受不同的构造单元之间的拼接、南北构造带的叠置和青藏高原隆升的影响, 主体表现出沿北西向构造线方向形成大致互相平行的逆冲褶皱构造带。研究区的构造形迹发育的主要特点是大型复背斜和复向斜与大型逆冲推覆断层、走滑断层相互交切、改造和叠加, 形成各种不同序次和不同尺度的构造形迹, 强烈改造了岩石地层体[17]。

4.1. 断裂分布及其影响

陇南地区处于两条区域性大断裂——东昆仑断裂和西秦岭北缘断裂(F1)围限中, 2条断裂的运动控制了该地区的主要构造变形, 进而经过长期的多阶段的构造演化, 形成了复杂的断裂构造系统和断裂活动历史。其最大特点在于在北部地区发育了一系列北西向断裂带及其控制的断块山地和压陷盆地; 同时, 在西秦岭南部与龙门山之间形成了多组北西向-北东向构造转换的压性走滑活动断裂带。研究区内主要的一级大断裂有临潭-宕昌断裂带(F2)、礼县-罗家堡断裂带(F3)、迭部-白龙江断裂带(F4)、光盖头山-迭山北路断裂带(F5)、龙门山断裂(F6)等, 次一级断裂有礼县-江口断裂(F7)、岷江断裂(F8)、塔藏断裂(F9)、哈南-青山湾-稻哇子断裂(F10)、文县-康县-略阳断裂带(F11)、两当-江洛断裂带(F12)、成县盆地北缘断裂带(F13)、紫柏山断裂带(F14)、罗家堡-牡丹断裂带(F15)等。具体分布见图2。

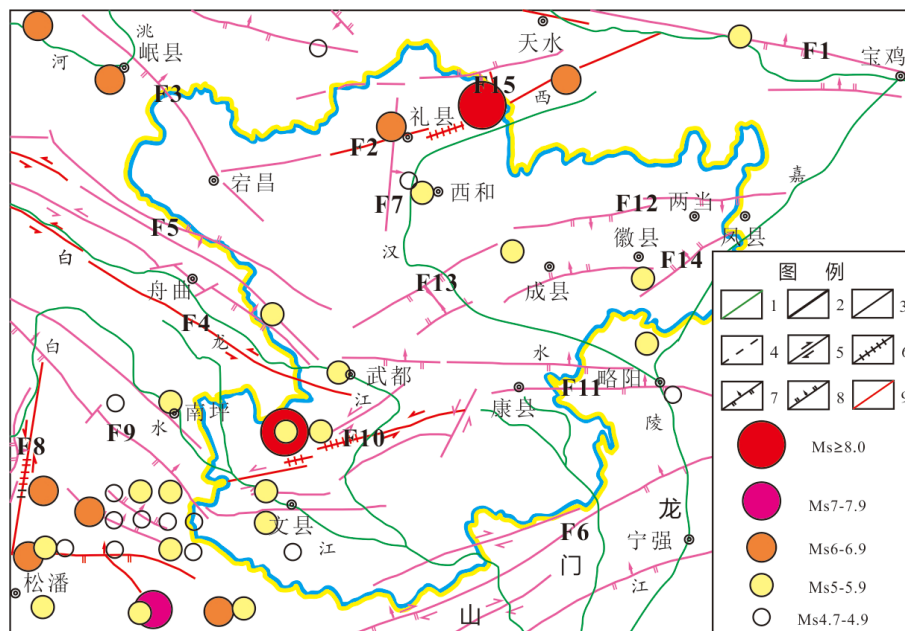
陈长云等利用GPS数据对巴颜喀拉块体北东缘地壳形变特征及主要断裂现今活动特性进行了研究, 认为研究区整体向南东方向顺时针转动, 速率自西向东呈逐渐减小趋势, 并且迭部-白龙江断裂、光盖头-迭山断裂、西秦岭北缘断裂、礼县-罗家堡断裂以左旋走滑运动为主, 而青川-平武断裂、岷江断裂以右旋走滑运动为主[12]。而杨晓平等认为受青藏高原向北东方向的扩展, 被西秦岭北缘断裂、礼县-罗家堡断裂(北东东向的左旋走滑活动断裂)和临潭-宕昌断裂围限的礼县次级地块向南东滑动可能导致了1654年礼县8级地震的发生, 沿礼县-罗家堡断裂形成地表破裂带。同理, 被东昆仑断裂、临潭-宕昌断裂或光盖头-迭山断裂带和哈南-青山湾-稻哇子断裂围限的武都次级地块向南东方向的滑动可能导致了1879年武都8级地震的发生[7]。

总的来说, 该区构造发育, 以断裂为主, 构造线为北西-近东西向, 与该区地层走向一致。断裂具有分支和复合现象, 大断裂旁侧发育有低序次级的断层、剪节理、劈理化带等。大断裂的进一步活动诱发了一系列的地震、滑坡、泥石流等地质灾害。

4.2. 褶皱分布及其类型

全区横跨秦岭褶皱系和松潘-甘孜褶皱系两个一级构造单元和北秦岭海西褶皱带、中秦岭印支褶皱带和南秦岭(即摩天岭)加里东褶皱带三个二级构造单元, 其区域构造线方向大致以东经105°00'位置为转折, 以东均呈近东西向, 以西地区, 武都以北, 构造线呈北西向, 武都以南呈北东向, 如此构造线方向的转折, 是为李四光先生所认识的祁-吕-贺山字型构造对秦岭东西向构造带叠加影响所致, 形成了向南突出的弧形构造形迹。受南北挤压的影响, 轴向近于东西向, 褶皱带主要有两种类型, 一类是海西-印支板块碰撞的主造山期地壳大规模缩短作用形成的大型紧闭或倒转的复式褶皱, 这些褶皱往往与大型逆冲推覆构造相伴; 一类是中新生代沉积盆地在陆内造山阶段形成的相对宽缓的盖层褶皱, 这些褶皱是陆内造山阶段地壳有限缩短和区域大型断裂逆冲或走滑联合作用的产物[19]。

(1) 区域大型复式褶皱构造。区域大型复式褶皱构造主要发育在西秦岭造山带, 主要有马元复式向斜、摩天岭复背斜、文县复向斜、关家沟-何家坝复背斜、吴家山复背斜、大草滩复式背斜、宕昌复式向斜、白龙江复式背斜。另外, 次级背向斜发育较多。这些褶皱构造形成于印支运动主造山期, 由于后期断裂



1-河流；2-主要断层；3-其他断层；4-隐伏断层；5-走滑断层；6-活动正断层；7-逆冲断层；8-正断层；9-活动性较大的断层；F1-西秦岭北缘断裂带；F2-礼县-罗家堡断裂带；F3-临潭-宕昌断裂带；F4-迭部-白龙江断裂带；F5-光盖头-迭山断裂带；F6-龙门山断裂带；F7-礼县-江口断裂；F8-岷江断裂；F9-塔藏断裂；F10-哈南-青山湾-稻哇子断裂；F11-康县-略阳断裂带；F12-两当-江洛断裂带；F13-成县盆地北缘断裂带；F14-紫柏山断裂带；F15-罗家堡-牡丹断裂带

Figure 2. The thumbnail of geological structure of the study area [8] [18]

图 2. 研究区地质构造略图(图中断裂及运动模式来自文献[8] [18])

构造的破坏，形态往往不完整，因而其褶皱特征既有各构造本身的特点，又表现出继承性现象。

(2) 相对宽缓的盖层褶皱构造。所谓的盖层褶皱是指中生代红层中发育的褶皱，从构造形态看，盖层褶皱为开阔的宽缓褶皱，构造线方位有北西向或东西向、北东向或北北东向。

5. 现今活动性

活动断裂是活动构造的一种，活动断裂一词最早是由 Lawson 在对圣安德列斯断裂及 1906 年旧金山发震断裂进行研究后提出的[20]。Willis 认为活动断裂是晚第四纪发生过位移的断裂[21]。国内对活动断裂的理解有一定的差异，邓起东则定义为晚第四纪，即晚更新世 10~12 万年以来一直在活动并且未来一定时期内仍会活动的断裂，是活动构造的组成部分[22]。本文参考已有文献以及野外调查将活动断裂定义为距今 10 万年以来有充分位移证据证明曾活动过，或现今正在活动，并在未来一定时期内仍有可能活动的断层。

很多学者研究了该区域的活动断裂，比如成玉祥等通过对天水地区主要活动断裂进行氦气测试与分析，认为礼县-罗家堡断裂的活动性为强[23]。刘峰等基于 GIS 技术分析了南北地震带和中央造山带交汇区各断裂带的地震活动性及其特征，认为主要的发震断裂有西秦岭北缘断裂的西段、礼县-罗家堡断裂西南段以及临潭-宕昌断裂的东南段、文县断裂西南段、虎牙断裂和雪山断裂，礼县-罗家堡断裂地震活动性比较强[6]。

构造应力场是地壳形变的主要因素，通过分析断裂附近构造应力场的变化可以研究断裂的活动性以及地震对构造应力场的影响。近年来，中国学者许忠淮完成了东亚地区现今构造应力图的编制，后来又取得了更进一步的成果[24]。

活动断裂是潜在的地震发源地带，它存在于地壳中破碎而强度较弱的部分，因受大地构造力的作用而容易产生错动，引发地震。西秦岭北缘断裂带活动性明显，是 143 年甘谷 7 级地震、734 年天水 7 级地震、1654 年天水 8 级地震等历史地震的发震断裂[25]。后来，张会平等认为临潭 - 宕昌断裂带控制了合作、临潭、宕昌等第三纪盆地的形成、演化及构造变形，是 842 年碌曲 6~7 级地震、1654 年天水 8 级地震、1879 年武都南 8 级地震等历史地震的发震断裂[18]。更有学者认为 2013 年岷县和漳县交界处 6.6 级地震是由临潭 - 宕昌断裂进一步活动的结果[26]。刘白云等通过建模求解以及野外活动构造研究和滑坡分布、地形地貌等资料，认为北西西向的杨河 - 红河断裂为 1654 年天水南 8 级大震的主发震断裂之一，并且认为通过小震丛集反演得到的 1879 年武都南 8.0 级地震是在深部陡立的震源断层的牵引下，浅部铲形断裂产生相应的走滑或倾滑等调整运动的结果[27]。

根据《中国历史强震目录》给出的资料以及后来学者的研究[7] [28] [29]，我们认为礼县 - 罗家堡断裂是 1654 年天水南 8 级地震的发震构造，且 1654 年礼县 8 级地震等震线长轴走向北东。后来我们借以物探手段也得出了该断裂的总体走向 $NEE23^\circ$ ，为高角度正左旋走滑性质的断裂带。此外，礼县 - 罗家堡断裂带、迭部 - 白龙江断裂带、岷江断裂、哈南 - 青山湾 - 稻哇子断裂等断裂的活动性较强，应特别注意对大断裂的监测，从而减少人员伤亡和财产损失。

6. 罗家堡 - 牡丹活动断裂的新发现

通常来说，很多次级断裂在大的主断裂形成的过程中会相伴而生。在对礼县 - 罗家堡断裂和海头村滑坡的研究基础上，对与西汉水(礼县 - 罗家堡断裂)呈一定交角的稠泥河进行了沿河 25 km 的物探工作，经物探资料解译后发现沿稠泥河确实存在一条断裂，自罗家堡沿 $NNW28^\circ$ 延伸至牡丹镇，长度约 20 km，具逆冲兼左旋走滑性质。该断裂与礼县罗家堡断裂交汇于罗家堡新庄里，断裂由 3 条相互平行或斜列的次级断裂组合而成(图 3)，3 条次级断裂形成宽约 4~6 km 的断层带，活动性比较强，这是在陇南断裂系统中新发现的一条北西向断裂。

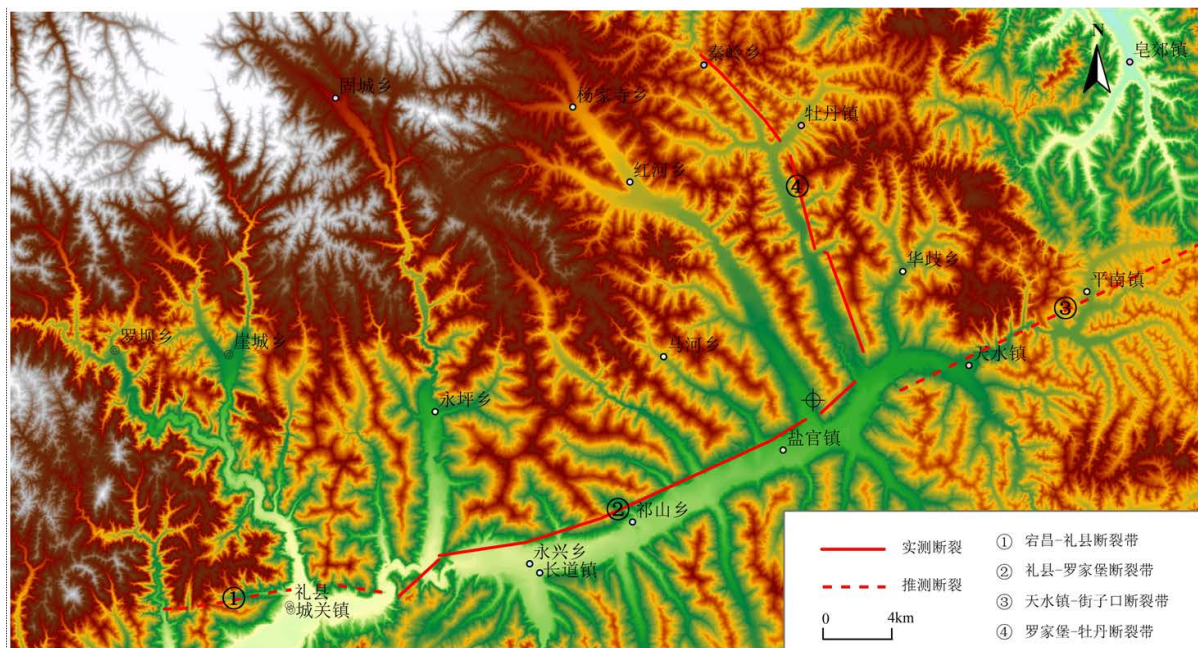


Figure 3. The spatial distribution map of Luo Jiabao-Mudan fault

图 3. 罗家堡 - 牡丹断裂带空间分布图

7. 结论

(1) 青藏高原的向北东挤压作用造就了陇南地区从东昆仑断裂向西秦岭北缘断裂逐渐转换过渡的复杂构造系统, 尤其是陇南地区“V”字型断裂系统中的北东向断裂引发了一系列中强地震。

(2) 研究区以西秦岭构造块体为主体, 受不同的构造单元之间的拼接、南北构造带的叠置和青藏高原隆升的影响, 主体表现出在北部地区发育了一系列北西向断裂带及其控制的断块山地和压陷盆地以及与之大致互相平行的逆冲褶皱构造带; 同时, 在西秦岭南部与龙门山之间形成了多组北西向 - 北东向构造转换的压性走滑活动断裂带。

(3) 礼县 - 罗家堡断裂带、迭部 - 白龙江断裂带、岷江断裂、哈南 - 青山湾 - 稻哇子断裂等断裂活动性较强, 应特别注意对大断裂的监测, 从而减少人员伤亡和财产损失。

(4) 通过物探手段发现了新的次级断裂——罗家堡 - 牡丹断裂, 长约 20 km, 总体走向 NNW28°, 断裂由 3 条相互平行或斜列的次级断裂组合而成, 活动性较强, 推断为海头村滑坡的诱发构造。

基金项目

中国地质调查局项目(12120114035701)。

参考文献 (References)

- [1] Koca, M.Y. and Kincal, C. (2004) Abandoned Stone Quarries in and Around the Izmir City Centre and Their Geo-Environmental Impacts—Turkey. *Engineering Geology*, **75**, 49-67. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.05.001>
- [2] 武都区国土资源局. 陇南市武都区人民政府办公室关于印发陇南市武都区突发性地质灾害应急预案的通知[EB/OL]. http://www.0939.net/article/article_13177.html, 2012-04-16.
- [3] 张国伟, 郭安林, 刘福田, 等. 秦岭造山带三维构造及其动力学分析[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(S1): 1-6.
- [4] Dewey, J.F. and Burke, K.C.A. (1973) Tibetan, Variscan, and Precambrian Basement Reactivation: Products of Continental Collision. *Journal of Geology*, **81**, 683-692. <http://dx.doi.org/10.1086/627920>
- [5] Molnar, P. and Stock, J.M. (2009) Slowing of India's Convergence with Eurasia since 20 and Its Implications for Tibetan Mantle Dynamics. *Tectonics*, **28**, TC3001.
- [6] 刘峰, 张家声, 黄雄南, 等. 利用 GIS 方法研究南北地震带和中央造山带交汇区活动断裂与地震的关系[J]. 中国地震, 2009, 25(4): 394-404.
- [7] 杨晓平, 冯希杰, 黄雄南, 等. 礼县-罗家堡断裂晚第四纪活动特征: 兼论 1654 年礼县 8 级地震孕震机制[J]. 地球物理学报, 2015, 58(2): 504-519.
- [8] 郑文俊, 袁道阳, 何文贵, 等. 甘肃东南地区构造活动与 2013 年岷县 - 漳县 M_s6.6 级地震孕震机制[J]. 地球物理学报, 2013, 56(12): 4508-4071.
- [9] 袁道阳, 雷中生, 何文贵, 等. 公元前 186 年甘肃武都地震考证与发震构造探讨[J]. 地震学报, 2007, 29(6): 654-663.
- [10] 冯希杰, 董星宏, 刘春, 等. 范家坝 - 临江断裂活动与 1879 年甘肃武都南 8 级地震的讨论[J]. 地震地质, 2005, 27(1): 155-163.
- [11] 侯康明, 雷中生, 万夫岭, 等. 1879 年武都南 8 级大地震及其同震破裂研究[J]. 中国地震, 2005, 21(3): 295-310.
- [12] 陈长云, 任金卫, 孟国杰, 等. 巴颜喀拉块体北东缘主要断裂现今活动性分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2012, 32(3): 27-30.
- [13] 王勇. 西秦岭晚古生代地层地球化学动力学及盆地 - 造山 - 成矿过程研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 2002.
- [14] 陈云中. 陇南地区区域砂金成矿特点及找矿方向[J]. 西北地质, 1990(1): 39-42.
- [15] 马收先, 张岳桥, 李海龙, 等. 青藏高原东北缘新近纪晚期构造挤出: 来自西秦岭地区安化 - 成县盆地的证据[J]. 地学前缘, 2013, 20(4): 58-74.
- [16] 马东涛, 石玉成, 李鸿璉. 陇南山区斜坡重力地质作用特征研究[J]. 西北地震学报, 1995, 17(2): 89-96.

- [17] 任非凡, 谌文武, 韩文峰. G212 线陇南段泥石流发育成因及其时空分布特征分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(S1): 3237-3243.
- [18] 张会平, 张培震, 袁道阳, 等. 南北地震带中段地貌发育差异性及其与西秦岭构造带关系初探[J]. 第四纪研究, 2010, 30(4): 803-811.
- [19] 朱多录, 孙柏年, 尹万玉, 等. 甘肃陇南地区金矿床地质特征、控矿因素及找矿方向[J]. 黄金, 2011, 32(9): 16-19.
- [20] Lawson, A.C. (1908) The California Earthquake of April 18, 1906. Report of the State Earthquake Investigation Commission, Parts 1 and 2. Carnegie Institution of Washington, Publication, 451 p.
- [21] Willis, B. (1923) A Fault Map of California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **13**, 1-12.
- [22] 邓起东. 中国活动构造研究[J]. 地质评论, 1996, 42(4): 295-299.
- [23] 成玉祥, 张骏, 刘玉洁. 天水地区主要活动断裂特征与氦气测试成果分析[J]. 煤田地质与勘探, 2009, 37(3): 5-9.
- [24] 许忠淮. 东亚地区现今构造应力图的编制[J]. 地震学报, 2001, 23(5): 492-501.
- [25] 俞晶星, 郑文俊, 袁道阳, 等. 西秦岭西段光盖山 - 迭山断裂带坪定 - 化马断裂的新活动性与滑动速率[J]. 第四纪研究, 2012, 32(5): 957-967.
- [26] 何文贵, 郑文俊, 王爱国, 等. 临潭 - 宕昌断裂新活动特征与岷县漳县 M_s6.6 地震关系研究[J]. 地震工程学报, 2013, 35(4): 751-760.
- [27] 刘白云. 甘东南地区两次 8 级历史疑难地震发震构造与发震机制研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 中国地震局兰州地震研究所, 2012.
- [28] 国家地震局震害防御司. 中国历史强震目录[M]. 北京: 地震出版社, 1995.
- [29] 韩竹军, 向宏发, 冉勇康. 青藏高原东缘礼县 - 罗家堡断裂带晚更新世以来的活动性分析[J]. 地震地质, 2001, 23(1): 43-48.