

陕西省地震应急救援工作基础资料

SHAANXISHENG DIZHEN YINGJI JIUYUAN GONGZUO JICHU ZILIAO

——断裂构造特征及说明

田勤虎 冯希杰 编著



陕西省地震应急救援工作基础资料

——断裂构造特征及说明

田勤虎 冯希杰 编著



图书在版编目(CIP)数据

陕西省地震应急救援工作基础资料:断裂构造特征及说明/田勤虎,冯希杰编著. —西安:陕西科学技术出版社, 2017.4

ISBN 978 - 7 - 5369 - 6958 - 2

I. ①陕… II. ①田… ②冯… III. ①地震灾害—救援—研究—陕西 ②断裂带—构造地质学—陕西 IV. ①P315.9
②P548.241

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 086089 号

陕西省地震应急救援工作基础资料 ——断裂构造特征及说明

出版者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社
西安北大街 131 号 邮编 710003
电话(029)87211894 传真(029)87218236
<http://www.snstp.com>

发行者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社
电话(029)87212206 87260001

印 刷 西安盛业印务有限公司

规 格 787mm×1092mm 开本 16

印 张 6.625 插页 1

字 数 226 千字

版 次 2017 年 4 月第 1 版

2017 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5369 - 6958 - 2

定 价 89.00 元

版权所有 翻印必究

编 委 会

田勤虎 冯希杰 编著

编 委 （按姓氏笔画排列）

卞菊梅 刘 晨 师亚芹 种 瑾

郭建兴 姬建中 韶 丹

前 言

近年来,我国相继发生了汶川 8.0 级、玉树 7.2 级、芦山 7.0 级、岷县漳县 6.6 级、鲁甸 6.5 级等一系列破坏性地震,造成了极为严重的地震灾害损失和人员伤亡。据统计资料显示,我国因地震造成的人员死亡占全部自然灾害死亡的 54%。因此,最大限度地减轻包括地震在内的自然灾害损失,努力提高全社会共同抗御自然灾害的能力尤为重要,而全面实现破坏性地震快速响应、科学决策、高效处置、综合减灾对降低自然灾害人员伤亡数量起到决定性作用,此项工作是各级政府和地震行政主管部门乃至全社会的共同责任。

陕西省简称秦,位于中国中西部,有历史地震记载以来,全省自公元前 780 年发生岐山 ≥ 7 级地震以来,相继发生了数百次破坏性地震,最大的是 1556 年华县 $8\frac{1}{4}$ 级地震,死亡 83 万人。而地震的发生,往往与活动构造相关。陕西省境内尤其是省会西安市所在的渭河断陷带,活动构造发育,导致了历史地震活动频繁,且危害性大。

断裂构造是地震应急救援等工作的重要基础资料,在地震预报难题尚未攻克的今天,研究并把握活动构造格局,震后第一时间通过断裂构造资料判断地震烈度范围、展布和影响场强度,并根据已掌握的灾区房屋类型、抗震性能、人口、GDP 等信息,快速判断极灾区和救援重点目标,为快速开展抗震救灾决策部署打下坚实的基础,是地震发生后工作的重中之重。

编制《陕西省地震应急救援工作基础资料——断裂构造特征及说明》,意义深远。对了解特定地质环境下地震构造背景,地震活动的孕育、发生、发展过程及规律,快速判断灾情、开展应急部署、提高地震现场应急的科学管理,提升防震减灾时效、进行灾后恢复重建等具有实际工作意义。本书首先从宏观方面对陕西省大地构造环境、地形地貌、新构造运动进行了分类描述,然后对陕西省内的区域性活动构造,尤其是全

新世活动断裂、晚更新世活动断裂、早中更新世断裂进行了详细描述,每条断裂配备相应的剖面图及照片,图文并茂,既对断裂的展布、活动性等断裂要素进行了阐述,又对断裂与历史地震的关系进行了探究,达到了专业人员与普通民众共赏的目的。

在《陕西省地震应急救援工作基础资料——断裂构造特征及说明》一书编著过程中,始终受到陕西省地震局领导及有关部门的支持,尤其是受到了刘晨副局长等有关领导的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢!本书较多地参考和使用了“十五”以来陕西省城市活断层探测、活动断层填图以及城市地震小区划等项目在地震地质和活动构造研究方面取得的最新成果。同时,参考了陕西省地震局、中国地震局地质研究所、长安大学等院所取得的研究成果,在此特表示感谢!

编著者

2016 年 12 月

目 录

第一章 陕西省地震构造环境概述	1
第一节 大地构造单元划分	1
第二节 地形地貌及新构造运动特征	4
第二章 断裂活动特征	13
第一节 活动断裂及其特征	13
第二节 断裂总体活动特征	79
第三节 强震发生的地震构造标志	79
第三章 强震震害案例	81
参考文献	89
附表	93

Contents

Chapter 1	The Introduction of Seismotectonic Environment of Shaanxi Province	
		1
	1. The Division of Geotectonic elements	1
	2. The Characteristics of landforms and the neotectonic movement	4
Chapter 2	The Characteristics of Faults Activity	13
	1. Active Faults and its Structural Characteristics	13
	2. General Characteristics of Faults Activity	79
	3. Seismotectonic Signs of Strong Earthquakes	79
Chapter 3	Cases of Strong Seismic Harzards	81
References		89
Appendix		93

第一章 陕西省地震构造环境概述

第一节 大地构造单元划分

陕西省地处中国中西部,地质上南、中、北三分极为清楚。南部属秦巴山区,是中央造山带重要的组成部分,横亘华夏东西,是我国长江与黄河水系的分水岭,成为我国自然地理、人文气候和地质构造等重要的转换带和过渡带;中部为号称“八百里秦川”的渭河盆地,是新生代汾渭地堑的重要组成部分;北部地处黄土高原,属于鄂尔多斯地块,东、西、南部分别被吕梁山、陇山、北山半包,北与毛乌素沙漠相接,为中生代以来稳定的内陆盆地。

在大地构造区划上,陕西包含了华北准地台的西南部、秦岭褶皱系的中部、扬子准地台北部边缘及松潘-甘孜褶皱系的东北角。主要涉及华北准地台(Ⅰ)、秦岭-祁连褶皱系(Ⅱ)、扬子准地台(Ⅲ)和松潘-甘孜褶皱系(Ⅳ)的一小部分(图1-1)。这些大地构造单元往往以深大断裂为界:华北地台与秦岭褶皱系的分界为近东西走向周至-余下断裂、铁炉子断裂,华北准地台与祁连褶皱系以北西走向并向东北凸出的陇县-岐山-马召断裂、陇首山等弧形深断裂为界;秦岭褶皱系与祁连褶皱系以近“N”走向的西秦岭北缘断裂和青海南山深断裂为界。

1.1 华北准地台(Ⅰ)

华北准地台西南与秦祁褶皱系相接,是我国大陆内形成时代最古老的陆块。该地台的褶皱基底由太古界和早元古界的中深变质岩系组成,约于1.8~2.0 Ga左右的吕梁运动使褶皱基底岩系全面褶皱回返,形成准地台的结晶基底。华北准地台构造线方向以北东和近东西向为主,自中元古代以后,准地台进入了一个比较稳定的构造环境。燕山运动使华北准地台西部的鄂尔多斯块体与周缘明显分异,在燕山运动末期,鄂尔多斯块体改变了长期不断沉降的总趋势,开始隆起,而其周缘构造运动强烈,在

南北两侧的渭河与河套断陷带及其邻区形成近东西向挤压构造带 " 在东西两侧的山西和银川断陷带则形成北东 北北东向挤压构造带 " 中新生代时期,准地台的活动以断块差异运动为特征,沿着准地台的边界断裂或次级块体间的边界断裂发生强烈的差异升降运动,形成了由中生界 新生界组成,规模及活动强度不一的深拗陷或断陷盆地,断裂的活动性质以正断为主兼有扭动 " 华北准地台现今活动依然很强烈,是强烈地震频发区 "

4.1 秦岭褶皱系(")

秦岭褶皱系北与华北准地台相连,南与扬子准地台和松潘 甘孜褶皱系相邻,是古生代以来在中国古地台上裂陷和拗陷再生的地槽褶皱系 " 经历了加里东 华力西和印支三个构造旋回后,最终于印支运动结束地槽活动阶段 " 褶皱系沉积巨厚,岩浆活动频繁,变质作用复杂,褶皱 断裂发育,并具有从边缘向中心对称迁移的特点,构造方向以北西向为主 " 晚近地质时期,作为青藏高原隆起的东北缘和中国大陆中央造山带,构造运动异常活跃,地震活动比较频繁 "

4.2 扬子准地台(#)

扬子准地台北以略阳 勉县 洋县断裂带 广济 襄樊 桐城断裂带与秦岭褶皱系相邻,西以龙门山断裂带与松潘 甘孜褶皱系分界,东南则以绍兴 江山断裂与华南褶皱系相接 " 准地台形成于晋宁运动,有些是吕梁运动固结的稳定区 " 除地台边缘有元古代 古生代和中生代的中酸性 镁铁质和超镁铁质岩类侵入外,地台内部还有过碱性岩类侵入 " 扬子准地台构造线方向以北东向为主,大地构造发展大致经历了三个阶段: 第一阶段为前震旦纪板块活动带发展阶段,巨厚的上太古界至上元古界经历了大别山运动 武陵运动和鲁宁运动后发生强烈复杂的变形变质,最后克拉通化形成基底; 第二阶段为被动大陆边缘稳定阶段,形成稳定的震旦 下三叠统沉积盖层,其间地壳相对稳定,无明显的岩浆活动; 第三阶段为自中三叠世后该区进入大陆边缘活动的发展阶段,发生了印支和燕山两期重大构造热事件,印支运动使全区全面海退,燕山活动以形成大量的断裂构造和频繁的岩浆活动为特征,表现为在印支褶皱之上形成区域性宽缓的 向叠加褶皱,沿近 和 两个方向形成巨型锯齿状追踪断裂带,并与其他方向 不同级次的断裂组成带状网络断裂系统 " 经过新生代的构造变动后,老的构造格局发生变化, 至 向和近 向盆陆相间的新构造格局形成 " 陕西仅涉及扬子准地台北缘台缘褶皱带 "

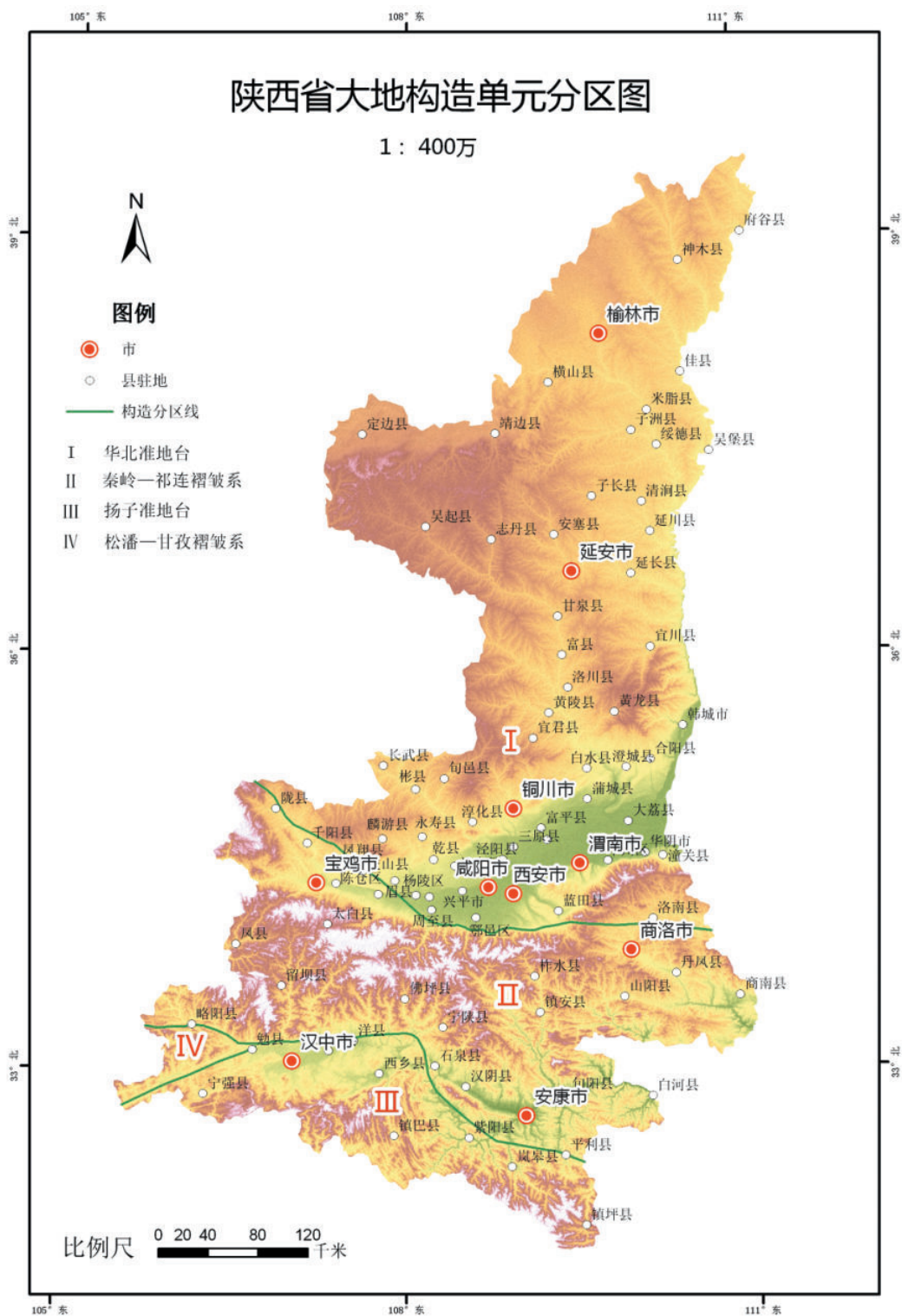


图 1-1 陕西省大地构造单元分区图

& , &

-& 松潘 % 甘孜褶皱系(\$)

松潘 % 甘孜褶皱系位于东昆仑深断裂之南,龙门山深断裂之西,金沙江 % 红河深断裂之北及以东的三角形地区 " 松潘 % 甘孜褶皱系是一个印支地槽褶皱系,中元古界为变质岩,震旦系由浅变质岩系及冰积砾岩组成,古生界为变质或未变质碎屑岩 ! 碳酸盐岩夹火山岩,三叠系属浊积岩,下侏罗统局部出露,白垩系缺失,第三系为红色沉积 " 松潘 % 甘孜褶皱系被三叠系地槽沉积覆盖,古生界仅出露于邻接扬子准地台的东部边缘地带 " 区内褶皱 断裂发育,构造方向以北东向为主 " 陕西仅涉及松潘 % 甘孜褶皱系中的巴颜喀拉褶皱带的东北部 "

第二节 地形地貌及新构造运动特征

一 地形地貌及第四纪地层

陕西省地势南北高 中间低(图 ! " +),北部为黄土高原,中部为渭河冲积平原,南部为秦岭 % 大巴山地 "

北部黄土高原及其南缘的北山山地标高在 .((/ !0((1 之间,经长期侵蚀,切割强烈,地形破碎,形成黄土梁 峁 残塬等深切沟谷 " 在黄土高原的东南部和渭河盆地的北缘之间为古生代的基岩山地,局部被黄土覆盖,呈不连续的条带状分布,与北侧的黄土高原和南侧的黄土台塬形成鲜明的差异 "

中部的渭河冲积平原标高在 ,2(/ 2((1 之间,受断块构造的控制,由盆地边缘到中心呈台阶状降低,南北为黄土台塬,中部为渭河冲积阶地,渭河自西向东横穿盆地中部 "

南部的秦岭 % 大巴山地以秦岭山地和大巴山为主体,秦岭山脉走向近东西,北陡南缓,巍峨壮观,海拔 !3((/ ,0((1 " 其西接祁连山 ! 昆仑山,东连大别山,横贯中国大陆中部,绵延数千公里,为世界典型大陆造山带 "

陕西地区沉积有大量的第四纪地层,北部黄土高原以风成黄土堆积为主,在河流冲沟内可见到冲积相的堆积物;中部的渭河冲积平原广泛堆积不同时期的风积黄土 ! 河湖相及湖相地层,地层厚度差距较大 " 在隆起区如骊山隆起区和黄土台塬区地层厚度相对较薄,在凹陷区如固市凹陷和西安凹陷相对较厚,达 2((/ ! ,3+1; 秦岭 % 大巴山地仅在山间盆地内分布有第四纪地层,以黄土堆积 河流冲积和坡积为主 "

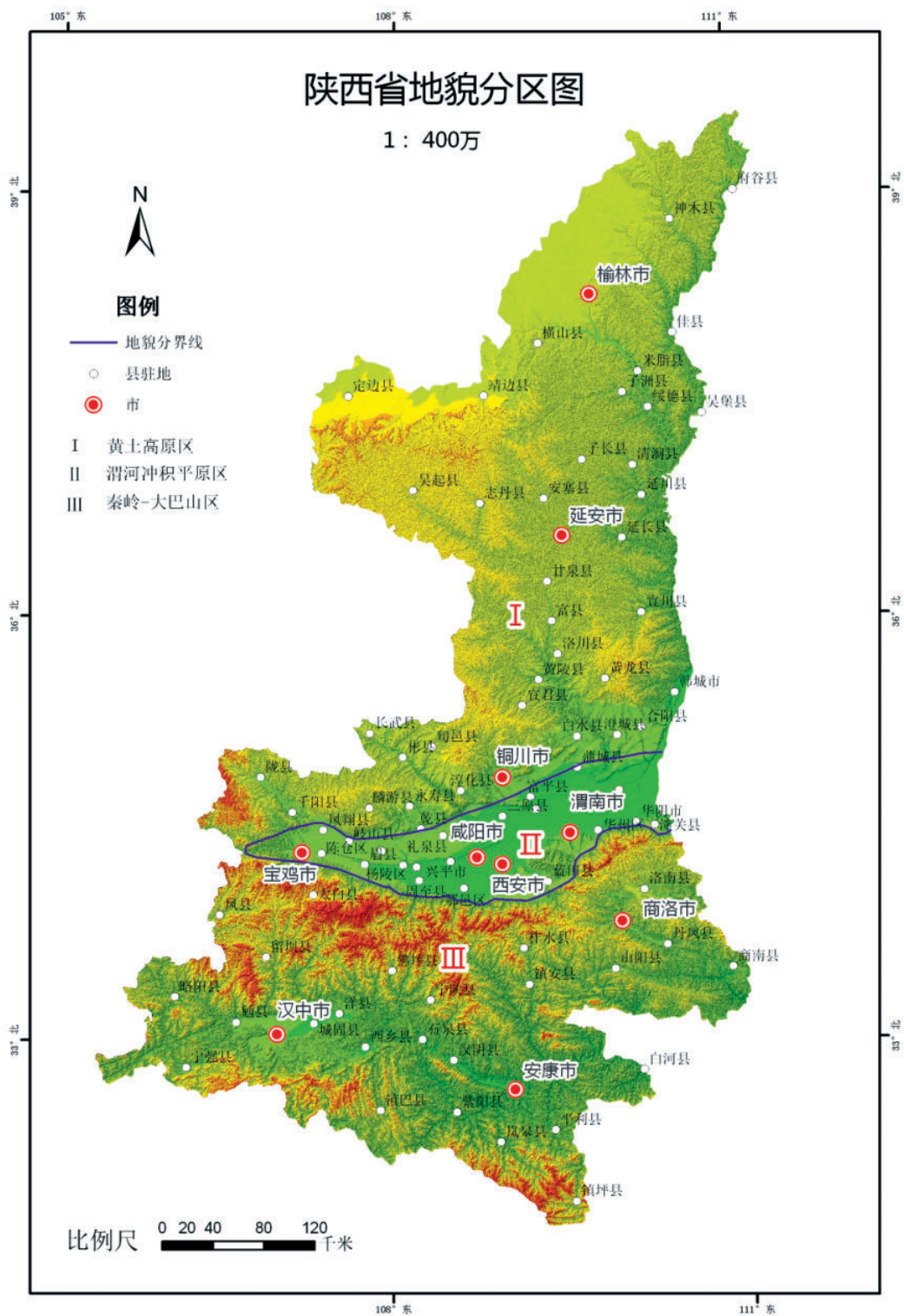


图 1-1 陕西省地貌分区图

二 新构造运动单元划分

受强烈的喜马拉雅构造运动影响,陕西省内新构造运动强烈而又十分复杂,涉及的新构造单元主要包括鄂尔多斯地块弱隆起区(!) 渭河盆地差异沉降区(") 豫西断块隆起区(#) 秦岭隆起区(\$) 龙门山隆起区(%) 扬子地台北缘过渡带(&) 六个新构造活动单元(图 ! " ,) "

区内新构造运动在空间上和时间上显示了差异性与发展的阶段性,在运动方式 ! 活动幅度和活动速率以及对地震的控制作用方面都表现出较复杂的特点 " 鄂尔多斯块体内部结构完整,以整体隆升与掀斜运动为主,渭河断陷带整体以急剧沉降和扩张运动为主,而秦岭构造带则以大幅度的差异性隆升与断块掀斜运动为主 "

!& 鄂尔多斯地块弱隆起区(!)

鄂尔多斯地块在中生代时期是一大型内陆凹陷盆地,晚白垩世至早第三纪地块大面积缓慢隆升,遭受剥蚀和夷平,普遍缺失沉积 " 晚第三纪的中新世晚期,地块在不断隆升的同时,地势由原来的东南向西北倾斜变为西北翘起,向东南倾俯,开始了由西北向东南的面状掀斜运动 " 上新世时期,长城以南地块广泛接受了土状沉积,即三趾马红色黏土层 " 进入第四纪,鄂尔多斯地块仍然大面积地均匀掀斜抬升,并广泛接受风积黄土的连续堆积,地面遭受强烈的侵蚀切割 " 经历第四纪期间多次的黄土堆积 % 侵蚀轮回,最后形成今日千沟万壑 ! 支离破碎的黄土塬 ! 梁 ! 峁,为一典型的黄土高原地貌 "

受面状掀斜隆升运动的控制,鄂尔多斯块体地势西北高 ! 东南低,主要河流以西北 % 东南流向汇入渭河或黄河 " 河流的下游切割较深,深约百余米,多切穿较老的岩层,曲流 ! 离堆山等现象多见 " 在较大河流的两侧发育 " % # 级侵蚀堆积阶地 " 最高阶地面高出河水面, (1 左右,说明中更新世以来该地区上升的幅度不大 "

鄂尔多斯地块内普遍出露上新统三趾马红土和下覆的中生界砂岩 ! 泥岩,以及下更新统黄土(相当于午城黄土) ! 中更新统黄土(相当于离石黄土) ! 上更新统黄土(相当于马兰黄土) 和全新统黄土,它们之间均为不整合或假整合接触关系 " 由此可见,鄂尔多斯块体自中新世以来这种面状掀斜隆升运动具有间歇性的活动特点,不同时期区域上升的幅度与流水侵蚀对地表的破坏程度都存在一定的差异 "

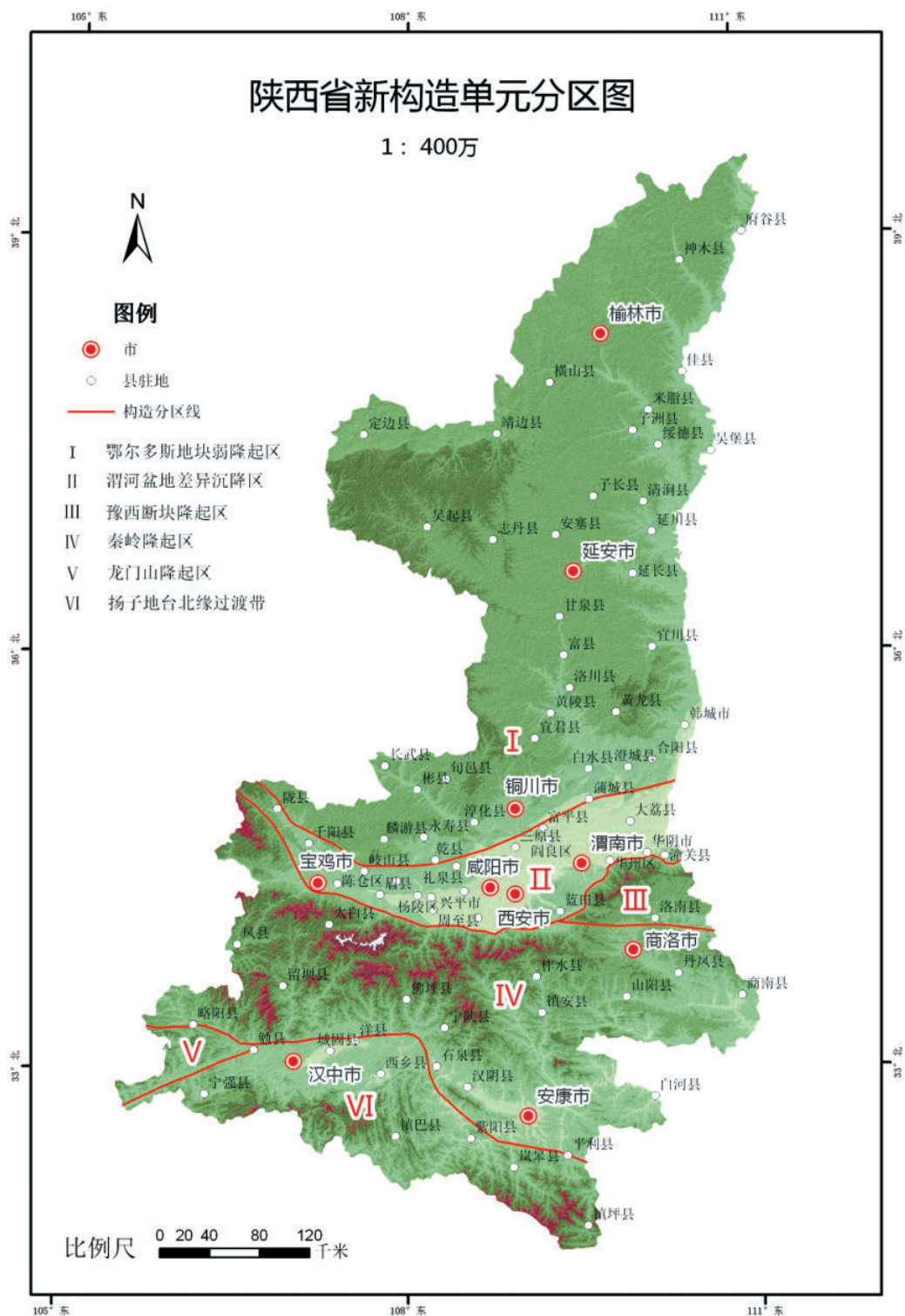


图 1-1 陕西省新构造单元分区图

据现代垂直形变测量资料(1933~1970年),鄂尔多斯地块基本上以上升运动为主,上升速率一般为1~4mm/a左右,有的地段上升速率为10~14mm/a

鄂尔多斯地块(包括渭北地区)中新生代地层变形不明显,活动断裂不发育,地震活动水平较低。整个块体仍保持完整性和稳定性,是一新构造运动不甚活跃的地区。

4.1 渭河盆地差异沉降区(1)

渭河盆地差异沉降区主要包括渭河、运城和灵宝三个断陷盆地。总体上呈近东西向分布,向东渐转为北东东向,与山西断陷带相接;西端与祁连褶皱系东南弧形断裂束相连。

晚白垩世及其以前,渭河断陷带为一隆起构造区,长期遭受剥蚀夷平,同时在隆起区两翼的挠曲部位形成一系列断面向南、向北的逆断层或逆掩断层,中间部分形成巨大断裂。自始新世起,由于区域应力场的变化,沿原挤压断裂带作反向张性正断活动,在鄂尔多斯地块与秦岭构造带的结合部位因裂陷作用形成了狭窄的渭河、灵宝半地堑,并积水成湖。当时渭河盆地的范围大体在周至以东、渭河断裂以南、余下%周至断裂及华山山前断裂以北,向东与灵宝盆地相连。

渐新世晚期和中新世早期,渭河断陷带由断陷沉降转为隆起,未接受沉积,造成上、下第三系不整合接触。自中新世中期开始随着边界断裂的滑落,断陷带下陷的范围幅度迅速向外扩大,北边的扶风、乾县、三原、富平一带也沉降接受沉积,其北界直抵口镇%关山断裂。同时,中条山北麓断裂和双泉%临漪断裂间的地块也因此沉降而形成运城盆地。

上新世时期是渭河断陷带发展史上的一个重要阶段,该时期断陷带的裂陷作用加剧,盆地的范围向四周大幅度扩张。渭河盆地的南缘到达秦岭北缘断裂,向北越过乾县%富平一线抵达北山南缘。西部岐山%马召断裂以西的宝鸡%眉县地区,始新世以来一直处于相对隆起状态,此时也断陷接受沉积,在渭河盆地形成了强烈下降的西安凹陷、固市凹陷和相对上升的宝鸡凸起、骊山凸起、咸礼凸起、蒲城凸起等(图1-2)。

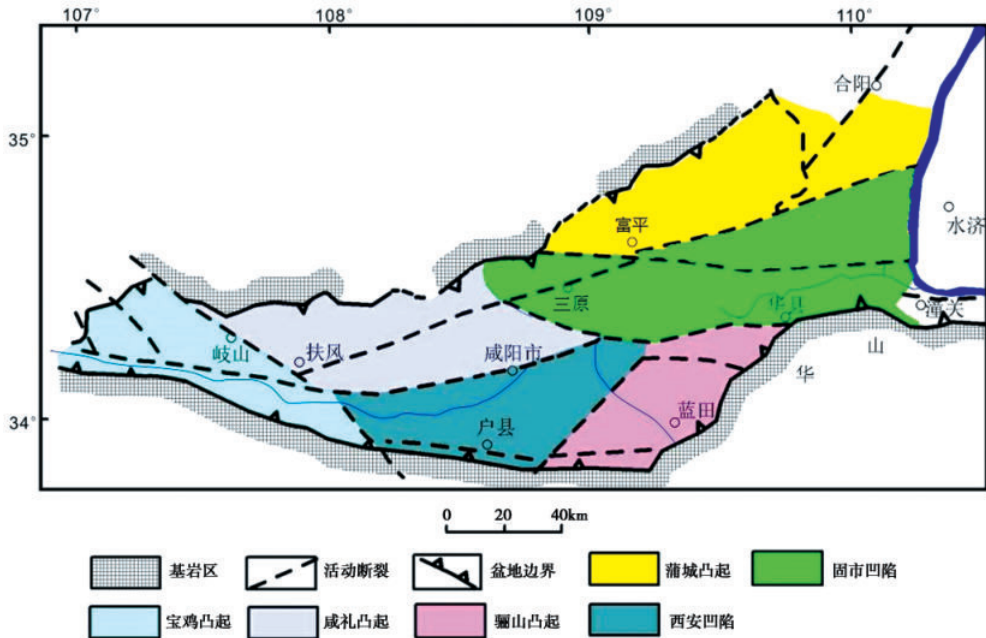


图 1-2 渭河盆地新构造分区图

早更新世时期,渭河断陷带的演化基本继承了上新世的构造格局^[1]在这一时期,由于渭河断陷带下陷的速度超过了堆积的速度以及断陷带的向外扩张,形成广阔的山间湖盆^[2]三门湖^[3]在中更新世或中更新世的末期,三门湖^[4]逐渐萎缩消亡,黄河^[5]渭河成为外流水系^[6]在运城盆地,湖泊消亡的时间可能是中更新世晚期,渭河盆地和灵宝盆地湖泊消亡的时间还要早一些^[7]据石油地质钻井资料,第四纪以来,渭河断陷带沉积最大厚度在宝鸡凸起为 121m ,西安凹陷为 1400m ,骊山凸起为 210m ,固市凹陷为 1300m ,蒲城凸起为 1000m ^[8]

新生代以来,渭河断陷带主要表现为大幅度的沉陷并接受巨厚的松散层堆积^[9]由于受秦岭北缘断裂^[10]华山山前断裂带等相关阶状正断层的正倾滑运动控制,整个断陷带在时空上呈现出凹陷与凸起的复式盆地^[11]构造系统^[12]渭河断陷带南深北浅,向南倾斜,是我国华北地区第四纪下陷幅度和堆积厚度最大的地区之一,也是新地质时期垂直差异运动和历史地震十分强烈的地区^[13]

渭河断陷带活动断层十分发育,在断陷带的两侧和内部发育了许多活动性正断层与阶状正断层^[14]由于受秦岭北缘断裂带^[15]华山山前断裂带等相关阶状正断层正倾