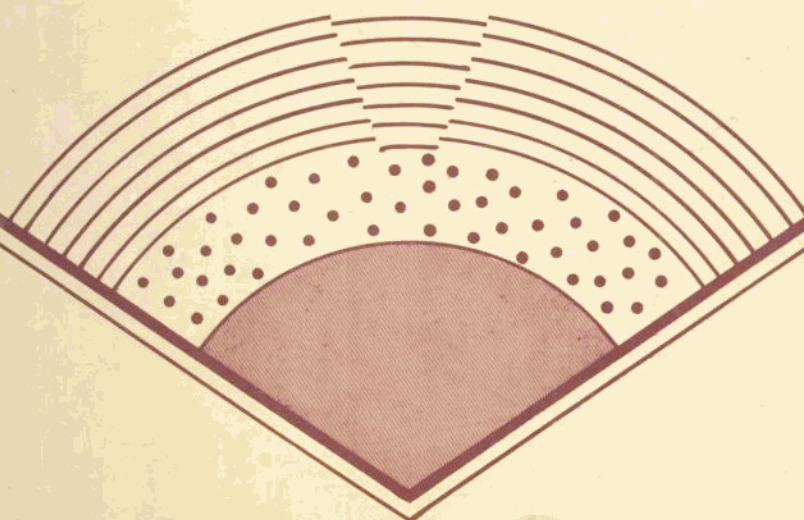


西安地区

区域地壳稳定性与地质灾害评价和研究

EVALUATION AND STUDY OF REGIONAL CRUSTAL
STABILITY AND GEOLOGICAL HAZARDS OF XI'AN AREA



陕西省地质矿产局
GEOLOGY AND MINERAL
RESOURCES OF SHAANXI PROVINCE

知

PDG

西安地区区域地壳稳定性与地质灾害评价和研究

编 写 单 位：城市地质研究所

项 目 负 责 人：尚瑞钧、熊润清、杨家骑、张保增

技 术 指 导：陈庆宣、孙叶

队 长：郑树楼

大队技术负责人：熊润清、杨家骑

所 长：白建庚、何怀信

所 技 术 负 责 人：张栓厚、谢振乾

编 写 人：谢振乾、张栓厚、

熊润清、杨家骑、

杨建军、李伯平、

田西堂、郑宁平等

提 交 单 位：第一水文地质工程地质队

提 交 时 间：1990 年 10 月

前 言

西安地区土地肥沃,物产丰富,经济繁荣。曾有十三个封建王朝在此建都,至今已有三千一百多年的建城历史。勤劳、智慧的人民,在这里留下了象征人类文明的宝贵史料。二千多年前,从这里为起点的古“丝绸之路”,就打开了与世界各国经济贸易的大门。解放后,特别是改革开放十年来,西安更是发生了翻天覆地的变化,工业、农业、科学教育事业得到迅速发展。现在的西安,不仅是陕西省政治、经济、文化、交通中心,也是我国举足轻重的工业、科教基地和旅游胜地,成为世界瞩目的全国十大城市之一。

但是,在构造背景上,西安处于由一系列不同方向断裂切错形成的渭河新生代复式地堑型盆地中,挽近以来,盆地内的构造活动明显,把盆地切割成若干个大小不等块体,它们间的垂直差异活动及本身的掀斜活动,使盆地内凸起,凹陷明显分异。而西安跨越在盆地中的西安凹陷、临潼—蓝田凸起、固市凹陷、咸阳—礼泉凸起的交接部位。从历史到现今,西安及其周围地震、地裂缝、地面沉降,滑坡等地质灾害活动频繁,在市区尤以地裂缝、地面沉降更为突出,并日趋严重,给国家和人民财产造成了巨大损失,直接影响到城市规划和建设。

从五十年代起,陕西省地矿局区域地质调查队,第一水文地质工程地质队、地质矿产部第三石油普查大队及科研、院校等单位,在西安地区进行了水文地质、区域地质调查,基础地质研究,重力,航地磁、人工地震、电测深及水资源评价等工作,以及其后的水质污染和环境保护监测、工程地质勘察、灾害地质及地热资源调查等。八十年代以来,随着城市工农业发展和现代化建设的不断扩大,陕西省地矿局又开展了一系列为西安城市建设服务的工作,第一、二水文地质工程地质队、物化探队、区域地质调查队、综合研究队、测绘队等,相继完成了1:20万—1:5万21种城市系列图的编制、西安地裂缝调查初步总结以及环境地质等方面的工作。同时,其他部门、院校及科研单位也对西安的地裂缝、城市环境地质、地震等进行了大量工作。对西安周围地质构造、地震、地裂缝、地面沉降等,都提出了看法和认识。但由于调查重点的不同,工作手段的局限,对西安地区断裂分布、规模、活动性、活动方式,深部与浅部的关系等,还不足以提出较确切的认识和评价。

1986年,陕西省地矿局为了更好地为城市建设发展服务,吸取了我国深圳、北京等城市地质工作的经验,成立了陕西省地矿局城市地质工作协调领导小组,根据西安的特点,决定开展“西安地区区域壳稳定性与地质灾害的评价和研究”项目。项目负责人为尚瑞钧、熊润清、杨家驹、张保增,并抽调技术力量,组建队伍。同时,以“陕地(86)56号”文下达了项目任务;要求采用综合方法,手段,对西安地区地壳稳定性进行区划和评价,为预防和减轻地质灾害提供科学的地质依据。按文件要求,项目于1986年底提交了总体设计。设计提出拟采用地质调查、遥感解译,地球物理勘探,测绘,岩石测试、年令测定、地应力测量,模拟实验等技术方式,手段,从浅部到深部,从区域到局部、从平面到立体,调查和探测西安地区的构造活动背景及特征和工程地质条件,研究活动构造与地质灾害的关系,以便对该区的稳定性作出评价,为西安地区的规划和发展建设提供地质依据。

1987年陕西省地矿局以“陕地地发(87)31号”文批准了项目总体设计。为达到设计要求,下设8个专题,后因方法手段调整,实际设置了13个专题。包括:活动构造调查、地裂缝调查、微地震监测、压磁法地应力测量、TM图象解释、断层位移测量、 α 卡放射性剖面测量、大地电磁测量、地磁差分测量、重力剖面测量、水文工程地质研究、深部构造地球物理资料研究、模拟实验等。项目负责单位为陕西省地矿局第一水文地质工程地质队。在工作过程中,第一水文地质工程地质队还以合同形式请陕西省地矿局第八地质队、综合研究队、物化探队、测绘队及中国地质大学(武汉)、成都地质学院、地矿部物化探研究所等生产、教学、科研单位承担或共同合作完成了一些专题。参加项目工作的各类科技人员总计65人,其中高中级科技人员44人。

为了做好项目的各项工作,聘请了中国地质科学院地质力学所陈庆宜教授,邓乃恭研究员,地科院城市与工程场地稳定性研究中心孙叶教授级高级工程师、地科院562综合大队高庆华高级工程师为技术顾问。第一水文地质工程地质队设有总工程师及副总工程师专管城市地质工作。该项目列入了联合国教科文组织IGCP第250项。

1987年起,各专题的调查研究工作全面展开,同时,进一步搜集研究前人资料。至1989年底,绝大部分专题工作结束。1990年5月,全面结束了野外调查,观测并提交了全部专题报告,外协单位承担的专题到1990年7月才最后完成并通过评审。总共提交了16份专题报告(见表1)。此外,于1988年向联合国教科文组织IGCP第250项提交了一篇研究论文。

西安地区地壳稳定性与地质灾害评价和研究项目专题报告一览表

表1

报告名称	编写人员	提交单位及完成时间
西安地裂缝群及其危害 —西安地裂缝群调查报告	张拴厚、胡巍、王学平	本项目综合组 1989.7.
西安地区活动构造与地质灾害的关系研究报告	谢振乾、方继安、田西堂、 张保卫、王学平	本项目地质组 1989.12.
1:20万西安地区工程地质图说明书	郑宁平	本项目模拟组 1989.12
西安地区大地电磁测深研究报告	王家映、俞黎明等	中国地质大学(武汉)1988.9.
西安地区地应力测量研究报告	崔宝强	本项目地应力组 1989.6
西安地区地震活动研究报告	杨建军、谢录、 蒋敏	本项目微震组 1989.8
1:50万关中盆地地质构造活动性与 活动标志图说明书	张拴厚 胡巍	本项目综合组 1989.12
1:100万区域地质构造图说明书	方继安、胡巍、张保卫	本项目综合组、地质组 1989.12

报告名称	编写人员	提交单位及完成时间
西安地区微地震台网监测研究报告	杨建军、蒋敏、谢录、 谢振乾、杜荣峰	本项目微震仪器组 1989.8
西安地区重力剖面测量工作总结报告	井晓荣 李百顺	局物化探队重力分队 1989.6
渭河盆地及邻区深部构造地球物理综合研究成果报告	石建胜、廉江虹 王雪芹	本项目综合组 1989.12
利用静电 α 卡法在西安地区及其周围探测隐伏活动断裂工作总结	程呈嶽、王俊峰、杜宝平、李志强	本项目物探组 1989.12
西安地区断层位移场研究年报	殷大尧等	局测绘队 1989.12
关中盆地遥感构造解译图说明书	张恒武、薛煜州、闫明、 李培全	局综合队 1989.8
西安地区地壳稳定性模拟实验专题研究报告	徐进、李伯平、黄润秋、 黎克武等	本项目模拟组与成都地质学院工程地质研究所 1990.7
西安裂陷地磁差分测深研究报告	赵子言 邓晓红等	地矿部物化探研究所 1990.6

通过三年多野外及室内工作，取得了较完整、系统的半定量乃至定量的资料。项目研究程序如图 1。

为了搞好最终报告编写，1989 年一季度拟定了报告编写的详细提纲，经与技术顾问孙叶和陕西地矿局地矿处处长弥建勇高级工程师反复讨论研究后，确定了报告编写的章节及主要内容，报地矿局备案。1990 年 4 月起着手最终报告的编写及图件编制，1991 年 1 月通过了局内部初审，并根据审查意见进行了认真修改。

参加总报告编写及图件编制分工如下：前言：熊润清。第一章：谢振乾、田西堂，杨建军、李伯平、张保增、谢录、张保卫、王雪芹、廉江虹、高应文。第二章：谢振乾、田西堂、杨建军、李伯平、王雪芹、谢录、高应文、廉江虹。第三章：郑宁平。第四章：经集体讨论后由谢振乾、杨建军、郑宁平执笔。第五章：张拴厚、杨建军、郑宁平。结语：杨家骑、熊润清。图件编制有谢振乾、张保卫、张拴厚、郑宁平、谢录、廉江虹等同志。全文由谢振乾同志初步统稿后由熊润清、杨家骑审核、修改并定稿。

通过四年多的实际工作，培养了一批技术力量。同时，由熊润清、杨家骑编写了《西安地区区域地壳稳定性与地质灾害评价和研究技术方法总结》，为在巨厚覆盖地区开展这

一工作积累了经验。

本项目自始至终在地矿局总工程师尚瑞钧、副总工程师乔僊、地矿处处长弥建勇的关怀支持下，在技术顾问陈庆宜教授、孙叶教授级高级工程师的具体指导下，还得到了地矿局科技处处长王德潜、主任工程师方永安等的热情支持。地矿部 562 综合大队、国家地震局地壳应力研究所也曾给我们以帮助。在此，仅向上述同志和单位致以深切谢意。

由于局、队领导的支持、关怀，顾问的悉心帮助及队总工程师熊润清和副总工程师杨家骑的直接指导和项目全体同志的努力，以及有关单位的协作，较好地完成了任务，获得了丰富的资料，达到了预期目的。

但由于项目方法、手段多，涉及学科面广，获得信息量大，技术难度高，综合性强，编写报告时间紧，编写人员专业知识水平限制，因而报告中不完善和不妥之处，在所难免，恳切希望提出批评指正。

参加该项目工作的技术人员还有胡巍、石建胜、崔宝强、方继安、谢振亮、程星嶽、王学平、王俊峰、蒋敏、杜荣峰、何怀信、杜宝平、李学谦等。

目 录

前言	(1)
第一章 区域地质构造及其稳定性基本特征	(1)
一 区域构造特征及地震震中分布规律	(1)
(一) 区域构造特征	(1)
1. 秦岭纬向构造体系	(1)
2. 祁吕贺山字型构造体系	(2)
3. 新华夏构造体系	(2)
4. 北西向构造带(含陇西系)	(2)
(二) 深部地质	(3)
1. 重力场特征	(3)
2. 磁场特征	(4)
3. 莫霍面特征	(5)
(三) 区域构造带的现今活动性	(6)
1. 地震分布特征及其与构造带的关系	(6)
2. 区域地形变场特征	(8)
3. 区域现今应力场和断裂的现今活动	(10)
(四) 区域水平构造应力场数值模拟分析	(13)
1. 现今构造应力场的基本特征	(13)
2. 构造应力场与历史地震活动的关系	(15)
3. 现今构造应力场的演化趋势	(17)
4. 断层错动方式与错动速率	(17)
二 渭河盆地构造现今活动性	(18)
(一) 渭河盆地构造特征	(18)
1. 活动断裂系	(18)
2. 凸起和凹陷	(27)
3. 渭河盆地活动构造与地质灾害的关系	(33)
(二) 渭河盆地深部地质构造特征	(36)
1. 莫霍面起伏特征	(36)
2. 壳内不同介质层的特点	(37)
3. 基底及盖层情况	(38)
(三) 渭河盆地构造现今活动性	(39)
1. 地形变场特征	(39)
2. 地震活动及其与活动构造带(块)的关系	(42)
3. 地热分布与活动构造的关系	(43)
4. 地裂缝分布特征及其与活动构造的关系	(45)

5. 跨断层垂直位移测量	(48)
6. 现今构造应力场特征	(48)
(四) 渭河盆地构造应力场及盆地形成机制分析	(49)
1. 渭河盆地构造应力场与华北区构造应力场的差异	(49)
2. 渭河盆地新生代构造应力场	(49)
3. 渭河盆地成因分析	(52)
(五) 渭河盆地构造应力场与动力学机制模拟分析	(54)
1. 构造应力场及断裂现今活动的基本特征	(55)
2. 盆地动力学因素对应力场的影响	(61)
三 区域构造稳定性简评及构造相对活动带和相对稳定地块的划分	(74)
(一) 区域构造稳定性简评	(74)
(二) 构造相对活动带和带间相对稳定地块的划分	(76)
第二章 西安地区构造现今活动的基本特征	(79)
一 新生代沉积特征和构造特征	(79)
(一) 新生代沉积特征	(79)
1. 下第三系	(79)
2. 上第三系	(79)
3. 第四系	(79)
(二) 构造特征	(80)
1. 活动断裂系	(80)
2. 凸起和凹陷	(100)
(三) 深部地质特征	(100)
1. 大地电磁测深	(100)
2. 重力剖面测量	(102)
3. 地磁差分测量	(103)
4. 重磁异常及莫霍面特征	(104)
二 构造现今活动性及其与地质灾害的关系	(105)
(一) 构造现今活动的基本特征	(105)
1. 地形变场特征	(105)
2. 断层位移测量	(106)
3. 地震活动	(106)
4. 地热活动特征	(112)
5. 静电 α 卡测量	(114)
6. 现今应力状态	(118)
7. 构造应力场数值模拟分析	(122)
(二) 活动构造与地质灾害的关系	(123)
1. 地质灾害类型及其灾害	(123)
2. 活动构造与地质灾害的关系	(127)
(三) 地质灾害发展趋势预测	(131)

1. 地震活动趋势预测.....	(131)
2. 对地裂缝发展趋势的基本认识.....	(137)
3. 对西安地区地面沉降发展趋势的认识.....	(137)
4. 对滑坡发展趋势的认识.....	(137)
5. 未来地质灾害——砂土液化——预测.....	(138)
三 西安市构造活动特征	(138)
(一) 构造特征	(138)
1. 西安地裂缝的几何学特征.....	(139)
2. 西安地裂缝的运动学特征及力学特征.....	(140)
(二) 地裂缝现今活动性	(151)
1. 地形变特征.....	(151)
2. 地裂缝位移测量.....	(153)
(三) 西安地裂缝形成机制	(153)
1. 有关地裂缝成因观点评述.....	(153)
2. 西安地裂缝群成因分析.....	(155)
(四) 构造现今活动与地裂缝形成机制模拟分析	(157)
1. 构造现今活动特征.....	(157)
2. 西安地裂缝形成机制.....	(161)
(五) 西安地裂缝发展趋势分析	(167)
第三章 工程地质特征	(169)
一 地貌类型及其特征	(169)
(一) 侵蚀构造地形	(169)
(二) 剥蚀地形	(169)
(三) 剥蚀堆积地形	(170)
(四) 堆积地形	(171)
二 岩体工程地质特征及稳定性	(171)
(一) 变质岩类	(172)
(二) 沉积岩类	(173)
三 土体工程地质特征及稳定性	(173)
(一) 土体形成及分布特征	(173)
(二) 土体工程地质特征	(174)
(三) 结构特征	(177)
(四) 地基土体稳定性评价	(177)
四 影响工程建设的水文地质条件	(178)
(一) 地下潜水类型及特征	(178)
(二) 地下水对混凝土的侵蚀性	(181)
第四章 西安地区区域稳定性评价与分区	(182)
一 区域稳定性评价的主要因素与分区的基本原则	(182)
(一) 区域稳定性评价的主要因素	(182)

1. 构造稳定性.....	(182)
2. 岩土体稳定性.....	(182)
3. 地面稳定性.....	(182)
(二) 区域稳定性分区的基本原则	(182)
二 西安地区稳定性评价与分区	(183)
(一) 区域稳定性总体评价	(183)
1. 构造稳定性.....	(184)
2. 岩体、土体稳定性.....	(185)
3. 地面稳定性.....	(185)
(二) 稳定性分区	(186)
1. 评分指标体系及其数量化.....	(186)
2. 稳定性分区评价及各分区特征.....	(189)
三 西安市地壳稳定性评价与分区	(199)
(一) 地壳稳定性总体评价	(199)
1. 构造稳定性.....	(199)
2. 土体稳定性.....	(201)
3. 地面稳定性.....	(201)
(二) 地壳稳定性分区	(201)
1. 评价指标体系及其数量化.....	(201)
2. 稳定性分区及各分区特征.....	(202)
第五章 对西安地区和西安市建设规划的建议	(207)
一 对西安地区建设规划及土地利用的建议	(207)
(一) 北山基岩山地	(207)
(二) 东北部黄土台塬	(207)
(三) 泾——石冲积平原	(207)
(四) 云阳镇黄土丘陵——台塬	(208)
(五) 北部黄土台塬	(208)
(六) 渭河河谷	(208)
(七) 西安冲积平原	(208)
(八) 骊山丘陵——黄土台塬	(209)
(九) 秦岭基岩山地	(210)
二 对西安地区城市发展规划的建议	(210)
(一) 西安市	(210)
(二) 咸阳市	(210)
(三) 渭南市	(211)
(四) 户县	(211)
(五) 临潼县	(211)
(六) 三原县、闫良区	(211)
三 对西安市区城市建设规划及土地利用的建议	(211)

(一) 西安市区的稳定性小区划	(211)
(二) 对西安市区城市建设规划的建议	(213)
(三) 对高层建筑群等工程布局的建议	(243)
(四) 对市区土地有效利用的几点建议	(244)
四 对防治环境地质问题的建议	(244)
(一) 地震	(245)
(二) 地裂缝	(245)
(三) 地面沉降	(249)
(四) 边坡失稳与滑坡	(249)
(五) 黄土湿陷	(250)
(六) 环境污染	(250)
五 对西安城市地质工作的建议	(251)
结语	(252)
一 有关基础地质方面中的几个问题	(252)
二 关于模实验研究	(253)
三 关于地裂缝成因制机问题	(254)
四 稳定性评价与分区	(254)
五 对西安市城建发展规划的建议	(254)
六 对某些城市地质工作的建议	(255)
主要参考文献	(256)
附图:	

第一章 区域地质构造及其稳定性基本特征

一、区域构造特征及地震震中分布规律

(一)区域构造特征(附图 1)

为了对西安地区地壳稳定性进行评价,需对以西安为中心,半径大致为 320Km 范围内的区域构造背景进行了解,故本节介绍的范围南起汉中,北至庆阳,东达涇池,西到天水,包括陕西中部的关中及其相邻地区。本区在构造上跨秦岭纬向构造体系,祁吕贺山字型构造体系,新华夏构造体系和陇西旋扭构造体系及北西向构造带等的一部分和它们的复合交接部位。构造错综复杂(图 1-1-1)。

1. 秦岭纬向构造体系

该构造体系展布于本区的中、南部,即北纬 $34^{\circ}40'$ 以南,是一个经历长期反复多次构造变动而形成的复杂挤压构造带,它至少是古生代以来就已成生发展起来,印支、燕山期表现的最为明显,目前面貌是不同发展阶段所形成的沉积建造,岩浆建造,变质岩带

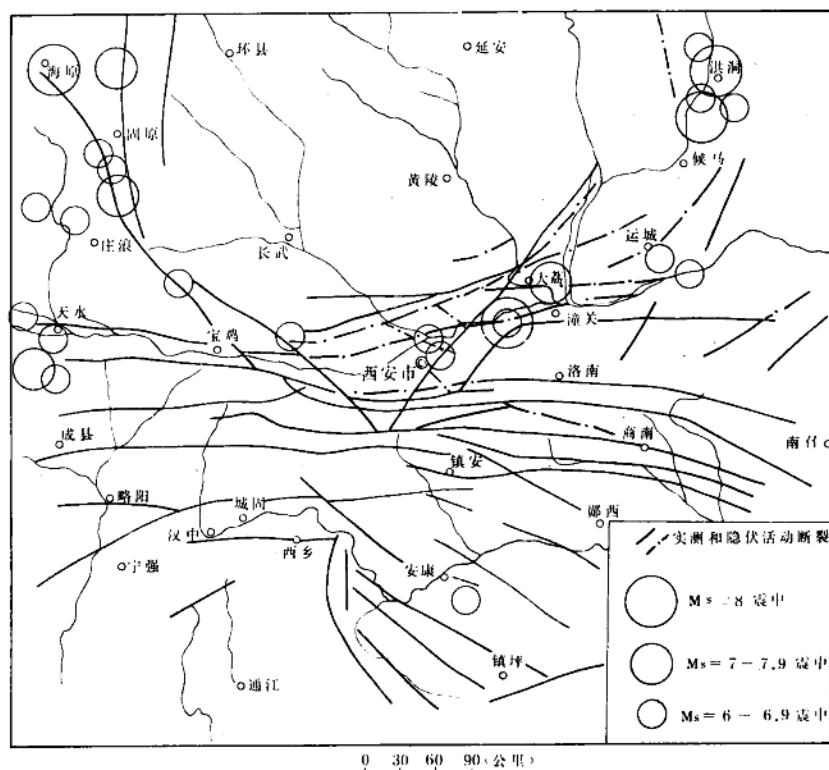


图 1-1-1 区域断裂与地震震中分布略图

和各种类型的构造形迹,构造形体等组合而成的构造形变总体。据其差异性自北而南可划

分为:天水—咸阳—芮城构造带、成县—太白—商南构造带,略阳—洋县—浙川构造带三个。该体系新生代以来以升降运动为主,断裂以张性,张剪性为其活动特征。

天水—咸阳—芮城构造带:西起甘肃天水,经陕西宝鸡,咸阳—华阴,向东延至河南灵宝一带,长大于 400 公里,主要由永寿—陕县,宝鸡—潼关,焦镇—鞏川三个构造亚带组成。该带前新生代地层中所形成的褶皱,断裂均大致作东西向展布,中生代以来发展起来的其它构造体系,对其有强烈干扰。该构造带有由北而南加强之势。它对渭河,灵宝等新生代盆地起着明显的控制作用。

成县—太白—商县构造带:该构造带横亘研究区中部,西起甘肃省成县,经陕西凤县,太白,商县延入河南省栾川一带。在宽 30—50 公里范围内由若干条平行的主干断裂带及褶皱带和一些小断裂组成,卷入地层有元古代,古生代,中生代及新生代,是最强烈的一个构造带,该带与甘肃成县,陕西太白,商县等新生代小盆地的成生发展有密切关系。

略阳—洋县—浙川构造带:该构造带横亘研究区南部,在宽 10—40 公里范围内,分布有大安驿—勉县褶皱断裂带,略阳—宁陕—浙川褶皱断裂带,山阳—西峡褶皱断裂带。该构造带对汉中,山阳,漫川关等新生代小盆地起着明显的控制作用。

上述三个构造带的规模,主干褶皱断裂带的连续性及其断裂分布密度等,反映出位于中间的成县—太白—商县构造带强大,而南北两侧的构造带相对弱小,新生代以来据构造带对新生代盆地的控制作用分析,中间构造带活动性较弱,南北两侧的构造带活动性较强,且南部构造带西段活动性强,北部构造带东段活动性强。

2. 祁吕贺山字型构造体系

该构造体系发生于三叠纪,定型于白垩纪,分布在区内的中,北部。固原—泾源一带的南北向褶皱断裂构造为其脊柱南端的构造成份,两侧为盾地。前弧南界在天水,宝鸡,渭南,中条山一线,北界大致在庄浪,陇县南,耀县,韩城一线,大部与东西构造带重接复合,为一向南弯曲的弧形构造带。

祁吕贺山字型构造体系在区内总体表现有以下特点:

(1)前弧总体轮廓东翼比西翼清晰,这在一定程度上反映其活动性东强西弱的特点。

(2)前弧从内到外组成一宽缓褶皱→紧密褶皱、断裂→规模较大断裂的塑性到脆性构造变形序列,这也在一定程度上反映了由内(北)向外(南)活动性由弱变强的趋势。

(3)脊住的南端和前弧,皆以紧密褶皱及断裂发育为特征,为渭河盆地的生成和演化奠定了基础。

(4)盾地以铜川、洛川一带形成的棋盘格式构造为特征,现今活动不明显。

3. 新华夏构造体系

该构造体系主要发生于晚侏罗世,定型于第三纪初期,为一较新的构造体系,主要分布于本区东部。西安以东为其第三隆起带,西安以西为其沉降带。自东而西可分为三个北东—北北东向断裂构造带:

浮山—平陆—冠云山构造带:该构造带长约 200—300 公里,在宽 30—50 公里范围内,由若干条长几至 60 公里平行或斜列的断裂组成,对运城,三门峡两个新生代构造盆地的东界起着明显的控制作用。

乡宁—大荔—宁陕构造带:构造带长 500 余公里,宽 40—60 公里。其北段(成县—

太白—商县东西构造带以北) 规模较大, 连续性好, 主要有韩城—临潼—长安断裂构造亚带, 禹门口—朝邑—华县断裂构造亚带, 永济—金堆城断裂构造亚带等。对渭河盆地新生代沉积起着一定的控制作用。南段(成县—太白—商县东西构造带以南) 呈密集的北东向小断裂群, 发育在东西向褶皱断裂构造带中, 构成束状。

黄牛铺—唐藏断裂构造带: 该构造带规模较小, 长约 60 公里左右, 除宝鸡—黄牛铺北东向断裂具有一定规模外, 其余均为零星分布的北东向小断裂。

综上所述, 并从构造变动, 岩浆活动和沉积作用分析, 新华夏系在区内有以下特点:

(1) 从断裂构造带的规模大小及其内主干断裂和低级别断裂的发育程度看, 具东强西弱的活动特点。

(2) 各断裂构造带活动性具北强南弱的特点, 尤其是浮山—三门峡—冠云山构造带和乡宁—大荔—宁陕构造带表现十分清楚, 它们的北段对渭河盆地东部及三门峡, 运城盆地都有重要的控制作用。

4 北西向构造带(含陇西系)

根据已有资料, 北西向构造带系一古老的构造体系, 也和秦岭纬向构造体系一样, 具有长期的活动历史。陇西系是新生代生成的一个构造体系, 仅分布于本区陇宝, 西山一隅。

综观北西向构造形迹集中分布于本区中部, 构成两个构造带:

草滩—东汤峪构造带: 断裂构造带长约 60 公里左右, 宽约 30 公里左右, 主要发育在渭河盆地内, 多为隐伏活动断裂, 由灞河断裂, 泾河断裂, 泾河断裂, 泾河断裂等组成。据 TL 热释光年令样品测试结果表明, 北西向断裂晚更新世以后仍有活动(见第二章)。

隆德—陇县—眉县构造带: 为陇西系的一部分, 斜贯研究区中部, 在宽 20—50 公里范围内, 分布若干条平行展布的断裂带和小断裂。北段主要为四条主干断裂, 控制着新生代地层的沉积, 并几乎切穿所有其它方向的断裂; 南段进入秦岭纬向构造带后, 由一些成群分布的北西向小断裂组成断裂束。

北西向构造带总体有以下特征:

(1) 从其展布范围和断裂规模看, 较其它三个构造体系影响小, 仅斜贯研究区中部。

(2) 从总体上看草滩—东汤峪构造带南强北弱, 隆德—陇县—眉县构造带北强南弱。

(3) 在区内, 北西向构造带喜山期以来表现为西强东弱。

上述四个构造体系(带)各有特点, 具如下规律:

① 各构造体系生成发展历程不尽相同, 但都经历过燕山运动的影响, 它们中最晚的至少在第三纪已定型。它们的断裂构造大都以带(束)的形式近于等间距分布, 构成了比较复杂的网络状基本构造格局, 致使这一地区的上地壳表层具备了支离破碎的结构特征。

② 上述四个构造体系的复合部位, 形成了上地壳高度破碎的构造软弱地带, 为本区新生代较大盆地的形成奠定了地壳结构基础。

③ 新生代以来由于构造应力场的变化, 在四个构造体系的复合部位, 造就了本区渭河盆地的定位和定向性。

(二) 深部地质

1. 重力场特征

如图 1-1-2 所示, 本区重力异常等值线走向总的特征是: 南部 (大致在北纬 34° 以南) 为近东西走向, 北部 (北纬 34° 以北) 大致以风翔附近为界, 西边主要为北西向, 东边主要为北东-北东东向。所构成的梯度带有: 眉县-陇县北西向梯度带, 麟游-旬邑北东向梯度带, 乾县-富平-临猗北东东向梯度带, 宝鸡-武功-咸阳东西向梯度带, 华县-潼关东西向梯度带, 勉县-宁陕东西向梯度带等, 它们和该区的基本构造格局相一致。重力异常值变化总趋势是由东向西逐渐降低, 由北向南递减, 过秦岭山区后又开始递增。重力值由东部灵宝附近的 -70mgal 变化到西部天水一带的 -210mgal , 这和东低西高的地形变化趋势相对应, 同时也说明, 莫霍面由东向西逐渐变深。在这种总趋势控制下, 渭河盆地布格重力异常等值线走向变化和盆地形态轮廓吻合, 而秦岭山区反映出一东西走向的重力低值带。

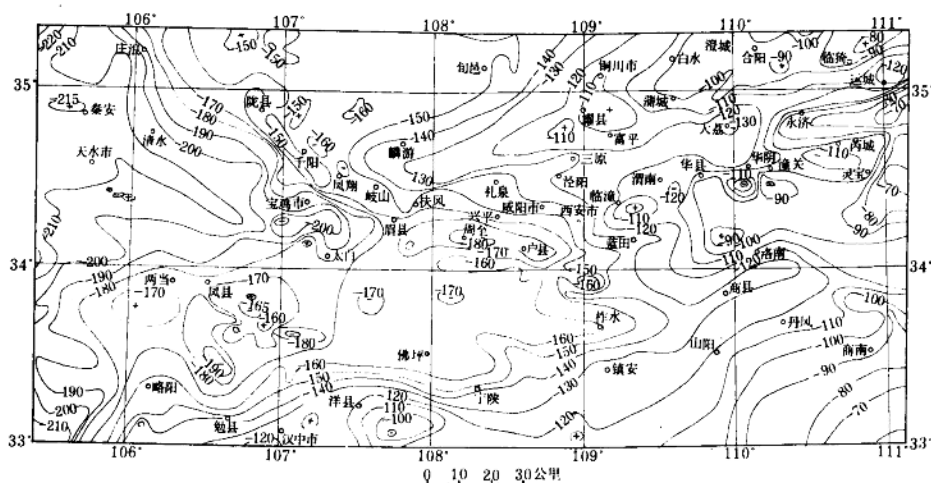


图 1-1-2 区域布格重力异常图

北东向的铜川-麟游梯度带与北东东向的岐山-泾阳-大荔异常带所围限的楔状重力高, 同北西的庄浪-宝鸡-周至梯度带与勉县-宁陕-丹凤北东东向梯级带所围限的楔状重力低相对插, 从而形成一个跨渭河盆地的“S”型扭曲状异常, 西安则处于两楔形异常的交接部位。“S”型扭曲和低布格值的出现, 除与构造有关外, 与渭河盆地覆盖巨厚的低密度的新生界也不无关系。

根据上述梯度带及重力延拓求导资料, 为区域构造格架的确定提供了依据。

2. 磁场特征

纵观全区磁场变化, 航磁异常总体上呈东西走向 (图 1-1-3)。北部千阳-麟游-旬邑以北为正异常区, 最高值达 300nT , 南部秦岭地区一个显著的特征, 就是在东西走向的正异常背景上, 叠加有许多小规模, 正负相间的短轴状圈闭异常, 正异常值多为 200nT 左右, 局部地区可达 500nT , 负异常分布零星, 强度多为 -50nT 左右, 异常规模较小, 但略阳-宁陕一线以南, 负异常显著, 异常值多为 -200nT , 其上也叠加有北东东走向的正异常。二者之间, 以澄城-蒲城-三原-华县-潼关-芮城所围成的楔状正异常向西插入大面

积宽缓的负异常区为特征,三原以东的楔状正异常呈北东东-北东走向形成局部异常值高达 700nT 圈闭的正异常,其西部的负异常区,总体呈东西走向,异常值变化不大。

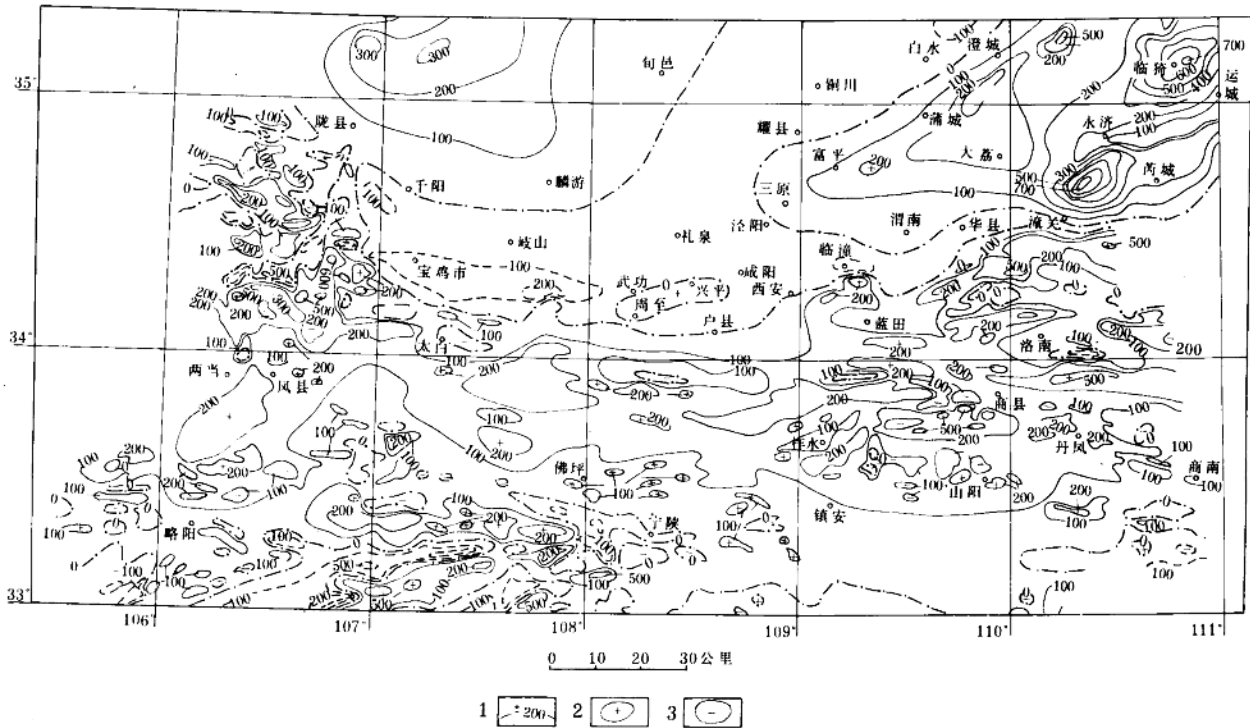


图 1-1-3 区域航磁异常图

1. 正或负异常等值线 2. 表示异常值升高 3. 表示异常值降低

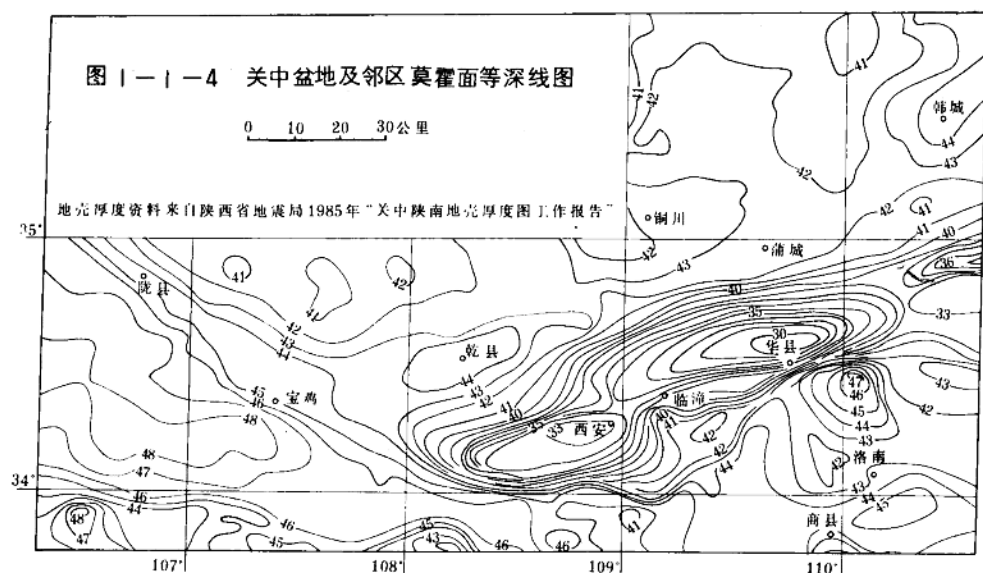
航磁资料化极、延拓、水平方向求导,磁原重力等处理,并结合重力资料 and 原平面的航磁异常特征,解释出的不同方向的构造特征线,为区域构造格架的确定提供了基础资料。

3. 莫霍面特征

依陕西省地震局采用剥皮法反演重力布格异常的结果看, (图 1-1-4), 本区莫霍面变化总趋势为从东向西深度逐渐增加, 这与中国大陆莫霍面变化总趋势是一致的。该区北部鄂尔多斯块体, 莫霍面深度 42-44 公里, 起伏变化很小, 说明块体处于均衡状态, 渭河盆地呈现一北东东向莫霍面隆起带, 隆起中心最浅约 30-32 公里, 与鄂尔多斯块体落差达 12 公里左右, 属于鄂尔多斯周缘莫霍面埋深最浅的盆地之一。且上、中、下地壳与 M 面大致呈镜像反映。东部运城盆地也表现为一莫霍面隆起区。渭河盆地以南为秦岭山区, 地势挺拔, 对应莫霍面埋深较大, 深度一般在 43-47 公里, 总体西深东浅, 同时还存在一些局部的相对隆起和凹陷。盆地西部沿北西向陇县-宝鸡-线, 莫霍面梯级带明显, 深度为 44-47 公里左右。陇县-宝鸡以西则有一北西向西楔状的莫霍面凹陷带, 与秦岭莫霍面凹陷相呼应。

总之, 本区渭河盆地处于莫霍面北部, 西部, 南部埋深大, 东部埋深较浅的深部地质

图 1-1-4 关中盆地及邻区莫霍面等深线图



背景之上，表现为一北东东向莫霍面隆起带，这与门原-渭南地震测深结果一致。隆起带本身亦具有东浅西深之特征。

(三) 区域构造带的现今活动性

1. 地震分布特征及其与构造带的关系

从区域地震震中分布图可明显看出，区内地震活动主要受汾渭地震带和贺兰-六盘山地震带控制（图 1-1-5）。据统计，自有史记载以来，鄂尔多斯周缘断裂系中共发生 8 级以上的地震 5 次（山西断陷带 2 次，银川断陷带 1 次，渭河断陷带 1 次，西南弧形断裂束 1 次），其中有 4 次发生在鄂尔多斯周缘的断陷盆地中，鄂尔多斯块体本身地震活动则比较平静，即地震活动频度小，强度小。

据地震研究，鄂尔多斯周缘沿地震带的震中迁移规律很明显。在汾渭地震带上共发生 $M_{\text{L}} 6\frac{3}{4}$ 级以上的地震 10 次，构成了两次明显的定向迁移（图 1-1-6），第一次迁移从代县开始，沿主要构造带，依次向西南方向迁移，1501 年进入渭河盆地，终止于西安草滩附近，历经路程 650 公里，迁移速度 0.1-5.0 公里/年。第二次迁移于 1626 年从灵丘开始，与第一次迁移路径大致相似，但迁移速度明显增大（11-20 公里/年），现已迁移到山西平陆（ $M_{\text{L}} 6\frac{3}{4}$ ），路程达 600 公里。近期在山西大同一带发生的 6.1 级地震，是否表明第二次迁移的结束？有人认为是第三次迁移的开始，也有人从所释放的能量看，认为还不足以说明是第三次大震迁移的开始，因而应引起重视。贺兰-六盘山地震带 6 级以上地震在时间和空间上显示了南北往返迁移的趋势，现已经历了三个周期，且相邻两次迁移的时间间隔越来越短，在整个迁移空间分布上，陇县和宝鸡西部的两次 6 级地震几乎确定了贺兰-六盘山地震带中强震震中迁移的南界。另外，鄂尔多斯块体周边也存在着震中对迁呼应现象，但迁移的时间间隔很短，一般不超过 5 年。这种现象至少说明，当块体一侧