

51.2535 7795

西安地裂及渭河盆地活断层研究

RESEARCH ON GROUND FISSURES IN XI'AN REGION
AND ACTIVE FAULTS IN WEIHE BASIN

李永善 等编著



地震出版社

西安地裂及渭河盆地活断层研究

2535
795

震
出
版
社

西安地裂及渭河盆地活断层研究

RESEARCH ON GROUND FISSURES IN XI'AN REGION
AND ACTIVE FAULTS IN WEIHE BASIN

李永善 等编著

地震出版社

1992

内 容 提 要

本书是对中、日合作项目“西安地裂及渭河盆地活动断层研究”的一个全面总结。全书分上下二篇：上篇为西安地裂灾害与对策研究，下篇为渭河盆地及其南缘主要活动断裂带研究。上篇可视为《西安地裂缝》（1986，地震出版社）一书的续集，它更深入、更全面地对西安地裂的几何学与运动学特征、地质背景及其地球物理与地球化学特征、古地裂与地震的关系、断层活动与过量抽水等致裂因素以及防裂减灾的工程对策等问题进行了研究和探讨。下篇以丰富的实际资料对渭河盆地内部及其南缘主干活断层的展布特征、活动速率及灾害性地震的重复周期进行了全面的分析与研究。上、下篇具有一定的内在联系。本书为关中地区总体建设布局、工农业及城乡建设规划和具体防灾减灾对策提供了必要的依据，可供从事建筑设计、工程地质、环境保护、地震工程、地震预报、灾害对策等方面工作的生产及科研人员参考。

西安地裂及渭河盆地活断层研究

李永善等编著

责任编辑：李金正

※

地震出版社 出版 发行

北京民族学院南路9号

陕西省长安县印刷厂印刷

※

787×1092 1/16 14.5印张 2插页 348千字

1992年9月第一版 1992年9月第一次印刷

印数 0001—1500

ISBN 7-5028-0716-0/P.476

(1109) 定价：15.00元

前 言

20 世纪 50 年代, 在西安市区的西北大学校园内曾发现了地裂对建筑物的破坏, 当时并未引起人们的注意和认真研究, 而认为是工程建筑质量所致。50 年代后期, 西安市区东郊又发现有地面不均匀沉陷, 调查结果认为是抽取地下水所致。1976 年唐山大地震前后, 在苏、鲁、豫、皖、冀、晋、陕等省陆续发现了大面积地裂现象, 其中以西安市区地裂活动最为典型。1977 年 9 月 5 日西安市北郊发生 2.9 级地震后, 陕西省抗震救灾指挥部委托西安市地震办公室和陕西省地震队 (陕西省地震局前身) 负责组织有关技术人员对西安地裂进行了专门考察, 开始了西安地裂研究的第一阶段。当时人们最关心的是: 地裂活动是否会地震前兆现象。不少大专院校、研究单位的有关科技人员也不同程度地参与了西安地裂与地震关系的研究。直到大华北地震活动逐渐减弱, 西安地区并未发生中强地震, 人们由此认识到地裂的出现不是地震前兆。这次考察第一次发现有 7 条走向 NEE, 剧烈活动的地裂带横穿古城西安。造成了大批建筑物破坏, 每年带来的直接经济损失超过 200 万元。地裂活动时强时弱, 并且向两端扩展, 致灾过程在不断增大。因此, 80 年代初, 研究工作者自然地把注意力集中到地裂的成因、治理和对策等方面来, 这是西安地裂研究的第二阶段。这一阶段的研究发现: 西安地裂主要局限于地下水位下降区; 地裂的垂直和水平张裂年平均位移分别超过 2.5cm 和 1.0cm, 最大垂直运动年位移量达 4.4cm, 用构造运动观点难以解释; 7 条地裂均为 NEE 走向, 且都为南盘下降、北盘上升; 在地表露头 and 探槽中均发现深部较老地层的错距大于浅部较新地层的错距, 且有关的深部探测资料也有类似结果, 以上诸点又都难以用过量抽取地下水来加以解释。西安地裂的这些性质和特征引起了国内外学者的注意和兴趣。1986 年前后, 日本东京大学松田时彦教授和东京都立大学贝冢爽平教授等地震、地貌学家曾先后两次来西安考察。此间双方提出合作研究西安地裂与渭河谷地活断层关系的意向, 后经中、日两国地震代表团正式协商、并经两国政府批准, 定于 1987 年 3 月至 1990 年 3 月中、日共同开展题为“西安地裂与渭河盆地活断层”的合作研究项目。1987 年国家地震局将此任务正式下达, 中方由陕西省地震局负责组织实施。陕西省地震局在执行合作任务的过程中自始至终得到国家地震局有关领导和专家的指导和大力支持。三年来, 中、日两国地震界同行齐心协力、顺利地完成了此项合作任务。

三年合作研究期间, 除前期准备工作外, 我们主要作了以下几方面的工作: 较系统地搜集和分析了有关渭河盆地的前人研究资料和成果; 学习、吸收日本同行用航空照片、地形图判读研究活断层的方法, 并参考和吸收了国外活断层研究的主要经验; 在地裂研究方面, 除前期准备工作外(《西安地裂缝》一书已出版), 研究过程中还布设了可覆盖整个西安市区的专用形变测量网、13 条跨地裂的水准测线和 15 个固定观测点 (其中包括日方提供的蠕变仪), 开挖了 60 多个探槽; 先后进行过 4 次地裂缝全面复查; 布设了 8 条地球化学测线, 测样 644 项次; 布设地电测线 21 条、浅层地震勘探测线 24 条, 此外还进行了 11 项工程场地勘察。在活断层研究方面, 参考卫星影像、结合 1/5 万地形图对渭河盆地 5700 多张航空照片进行了反复解释和分析, 结合现场野外调查和验证, 编绘出了渭河盆地活动断裂地貌图。在此基础上, 我们重点对渭河盆地南缘主要活动断裂带; 1556 年华县 8 级大震的发展断层——渭华断裂带、与西安地裂相关的临潼—长安断裂带、控制盆地

南界的秦岭北麓断裂带（马召—长安段），进行了较详细的考察研究。通过室内航照判读和野外考察，绘制出典型活断层地貌图 40 张、测量断层陡坎剖面 124 条、开挖探槽 6 个，发现地震崩积楔 6 处、绘制断层剖面 32 幅、采集考古年龄样约 2000 个、 ^{14}C 样 11 个、详测典型地区 1/2000 地形图 4 幅，并对华县地震过程作了数学模拟。

概括地讲，本研究是一次较全面、深入的关于西安地裂与渭河盆地活断层的研究，运用了一些新方法、新思路，取得了一些新的进展。本研究又是第一次中外地震学家对渭河盆地进行合作研究，主要取得了如下结果：

现阶段的西安地裂是地质和人为作用共同造成的一种重大的城市环境地质灾害。西安市地处渭河盆地中部断陷（即西安断块）的东南部，其东南侧有向北西倾斜的临潼—长安断裂带通过，北部和东部有渭河和泾河，古城西安座落在渭河的阶地上。市区从北向南为一系列 NEE 向斜列的梁、洼地貌，它们属临潼—长安活动断裂带上盘的次级小断裂长期活动形成的微地貌形迹。自汉代以来就有关于西安地裂的记载，已发现的古地裂多出现在古黄土梁地貌的南坡。唐山地震前后至今发现的 10 条现今仍活动的地裂，除最南部紧靠临潼—长安断裂带的两条地裂有北倾北降现象外，其余 8 条均出现在黄土梁地形的南坡，向南东倾斜，南降北升，其垂直错距随着地层的深度（或年龄）增加而增大。所以西安地裂是以临潼—长安活动断裂带为构造基础，在次一级断层活动的背景上发展形成的。过量地开采地下水、暴雨和地表水的大量渗漏、地震和大区域的构造振荡作用等都能加大地裂的活动速率或引起地裂的突发性活动，从而显著地放大了地裂形成的灾害。研究还发现了地裂带上一系列地球物理、地球化学特征和地表破坏与致灾过程一般规律，提出了相应的工程技术对策和减灾系统工程的设计。

活断层研究是地震预报、工程地震和防灾工作的基础。本次渭河盆地活断层研究，编制了渭河盆地活动断裂图（1/20 万），突出地表示了第四纪，尤其是全新世的活动断层。虽然尚有许多不足之处，但仍不失为进一步开展这方面研究工作的一个重要基础。合作中对渭河盆地南缘的主要断裂带（即秦岭北麓断裂中段，临潼—长安断裂和渭华断裂带）进行了较详细的研究，编绘了 3 张 1/5 万的断裂带分布图，在这些断裂带上发现了大量全新世活动断层陡坎，对其进行了测量和详细的考察研究，作出了每个典型考察点的相应图件，计算了各段（点）的活动速率，评估了各主要段的强震活动周期。第一次作出了 1556 年华县 8 级大震发震断层的位移分布图；探讨了华县发震断层致灾的数学模型。通过本次研究，初步摸索出一套通过航照、地形图判读、微地貌地形面考察和考古年龄鉴定等研究渭河盆地活断层的简易实用的方法。虽然它还有不少缺点，尚需进一步完善，但很有发展前途，尤其是对于类似渭河盆地的地区。

1990 年 6 月该项成果的综合报告定稿，11 月上旬通过国家地震局验收。本书即是在成果报告的基础上，广泛听取了专家们的意见，并参考了兄弟单位的研究成果编写而成的。全书分为上、下二篇，上篇为“西安地裂灾害与对策研究”，下篇为“渭河盆地及其南缘主要活动断裂带研究”。各章的执笔人为：

上篇：第一章耿大玉、巩守文；第二章韩成建、赵振才；第三章耿大玉、郭逢英；第四章耿大玉、刘家惠；第五章白宝玉、祝意青；第六章耿大玉、武旭东；第七章林继华、阎庆民；第八章耿大玉、巩守文；第九章耿大玉、赵振才；第十章耿大玉。上篇由耿大玉统稿。

下篇：第一章李永善、韩许恒；第二章李永善、韩许恒、宋立胜、武旭东、卞菊梅；第三章武旭东、汪一鹏；第四章韩许恒；第五章卞菊梅、李永善；第六章宋惠珍、李永善；第七章李永善。在原报告的基础上，由韩许恒作了进一步修改，卞菊梅对整个图表进行了修改。

全书由李永善审阅定稿，李金正负责清绘了所有图件和文字加工。

参加本合作研究项目的中方单位及人员是：

项目负责：李永善。

负责单位：陕西省地震局，李永善、耿大玉、李金正、武旭东、卞菊梅、韩许恒、宋立胜、白宝玉、韩成建、阎庆民

协作单位：国家地震局第二测量大队，林继华、巩守文、赵振才、郭逢英、刘家惠、祝意青等；国家地震局地质研究所，汪一鹏、宋惠珍。此外，宋方敏、申旭辉、焦新学、李忠生、刘景文、刘快胜、张芝霞、卫英莲、张恒谦等也参加了部分工作；傅长齐、白珂莽、王平安、徐世芳等参加了课题管理工作。

日方参加人员有：东京都立大学贝冢爽平，东京大学松田时彦，山科健一郎，加藤照之，法政大学东乡正美，富山大学竹内章，山梨大学今泉俊文

在本项目研究过程中，丁国瑜研究员自始至终给予了热情的指导和关心。初稿完成后，承蒙丁国瑜、李裕彻、郭增健、刘光勋、马宗晋、朱世龙仔细审阅并提出了许多有价值的修改意见，在此表示真诚地感谢。

在本项目执行期间，国家地震局灾害防御司李裕彻、朱世龙，国际合作司许厚德、顾平、吴荣辉等对本课题曾给予大力支持和热诚帮助；陕西省外办、省公安厅、陕西师范大学、西北大学、西安矿业学院、西安地质学院等单位也给予大力协助和支持，在此一并表示感谢！

李永善

1990年12月

目 次

上 篇

西安地裂灾害与对策研究

第一章 地裂灾害概述	(1)
1.1 地裂——一种常见的环境地质灾害	(1)
1.2 地裂的分类	(1)
1.3 国外地裂灾害	(2)
1.4 中国地裂灾害概况	(2)
1.5 汾渭盆地地裂灾害概况	(3)
1.6 西安地裂灾害及其对策研究的意义	(3)
第二章 西安地裂的几何学特征	(8)
2.1 西安地裂的鉴别标准	(8)
2.2 西安地裂的平面分布范围	(8)
2.3 西安地裂的展布概况	(8)
2.4 西安地裂的剖面形态	(24)
2.5 西安地裂的分维几何特征	(29)
第三章 西安地裂的运动学特征	(31)
3.1 西安地裂的垂直差异运动	(31)
3.2 西安地裂的水平张裂运动	(32)
3.3 西安地裂的水平剪切运动	(32)
3.4 西安地裂的双向扩展运动	(32)
3.5 西安地裂运动的时空变化特征	(33)
第四章 西安地裂的地质构造背景	(35)
4.1 西安地质构造背景概况	(35)
4.2 西安地区的构造分区	(35)
4.3 西安地区主要断裂及新构造运动	(37)
4.4 西安地区地貌特征	(40)
第五章 西安地裂带上的地球物理与地球化学特征	(44)
5.1 区域地球物理场的特征	(44)
5.2 地裂带上的局部地球物理特征	(47)
5.3 地裂带上的局部地球化学异常	(49)
第六章 西安地裂与地震	(53)
6.1 西安地裂的快速滑动	(53)
6.2 西安周围历史地裂简况	(55)
6.3 西安地裂与地震活动的周期性	(57)

6.4	西安地裂活动期	(59)
第七章	西安地裂与地面沉降	(62)
7.1	西安特殊沉降区	(62)
7.2	西安地面沉降的发展过程	(63)
7.3	西安地下水位下降的演化过程	(64)
7.4	西安地面沉降与地下水位下降的关系	(69)
7.5	西安地面沉降与地裂	(69)
第八章	西安地裂的成因	(74)
8.1	关于西安地裂成因的争鸣	(74)
8.2	西安地裂的构造模型及其成因意义	(74)
8.3	西安地裂的抽水致裂成因	(75)
8.4	西安地裂成因的断裂力学分析	(78)
8.5	西安地裂分维特征的成因意义	(82)
第九章	西安地裂的治理对策及预测	(84)
9.1	西安地裂的治理对策	(84)
9.2	西安地裂活动的预测	(88)
9.3	西安地裂减灾系统工程	(89)
第十章	认识、评价、问题、展望	(92)
	参考文献	(95)

下 篇

渭河盆地及其南缘主要活动断裂带研究

第一章	渭河盆地的基本构造特征及活动断裂研究现状	(96)
1.1	渭河盆地基本构造及其演化研究的概况	(96)
1.2	渭河盆地的大地构造背景	(97)
1.3	渭河盆地的形成和演化	(98)
1.4	渭河盆地主要断块、断层及有关地层、地貌简介	(100)
1.5	渭河盆地活动断裂研究现状	(104)
第二章	渭河盆地活断层研究方法及其主要活动断裂	(106)
2.1	活动断裂的含义	(106)
2.2	渭河盆地活动断裂的研究方法	(106)
2.3	断裂位移幅度的研究方法	(107)
2.4	断裂活动时间研究方法	(109)
2.5	渭河盆地主要活动断裂的特征和分布	(114)
第三章	秦岭北麓断裂(中段)	(122)
3.1	区域地质地貌概况	(122)
3.2	秦岭北麓断裂(中段)全新世的活动及其特征	(122)

3.3 秦岭北麓断裂强烈活动的重复间隔讨论	(142)
第四章 临潼—长安断裂带	(152)
4.1 临潼—长安断裂带概况	(152)
4.2 临潼—长安断裂带中、晚第四纪以来的活动及其特征	(152)
4.3 临潼—长安断裂带强震重复间隔及断裂与西安地裂缝关系探讨	(164)
第五章 渭华断裂带	(169)
5.1 渭华断裂带的概况	(169)
5.2 渭华断裂带全新世的活动及其特征	(175)
5.3 渭华断裂带的总体活动特征与华县大震	(189)
5.4 渭华断裂带强震重复间隔的讨论	(192)
第六章 华县 8 级大震的数学模拟研究	(195)
6.1 研究的思路与目的	(195)
6.2 华县 8 级地震震源的数学模型	(195)
6.3 华县 8 级地震微观影响场的数值模拟方法	(196)
6.4 计算结果	(200)
第七章 结束语	(205)
7.1 渭河盆地的研究基础与本次工作的任务	(205)
7.2 主要工作方法	(205)
7.3 主要工作	(205)
7.4 工作成果	(206)
7.5 工作中的一些特点	(206)
7.6 问题和讨论	(207)
参考文献	(208)
照 片	

封面说明: 位于华山山前断裂带的桃下九峪口洪积扇断层陡坎。(镜向: S)
(位于下篇图 5.1 中的 17 号处)

第一章 地裂灾害概述

西安地裂以其巨大的破坏力给西安地区的经济建设造成了严重的损失,形成了一种特殊的环境地质灾害,引起了各界的关注。据史料记载,4000年前“黄帝将亡则地裂”。^①西安地裂,古已有之。现今的西安地裂乃是西安古地裂演化而来的。在世界范围内,地裂灾害也是广泛存在的。地裂的种类繁多,形态各异,西安地裂只是纷芸复杂的地裂灾害中的一种。这里,我们先将地裂灾害作一简略的概述,以便使读者对西安地裂及其它地裂灾害的个性与共性有一个系统的了解。

1.1 地裂——一种常见的环境地质灾害

地裂 (Ground Fractures 或 Ground Fissures), 常被人们称为地裂缝, 老乡们称之为“地峡”。它是地壳表层介质的断裂, 是由内营力, 外营力及人类活动等因素或以上诸因素的迭加所引起的地表介质完整性的破坏。

地裂与断裂构造是有区别的, 前者在地表, 后者在地下; 前者的尺度小, 后者的尺度大; 前者的成因多, 后者是构造运动所致。地裂与断裂构造又是有联系的, 它可以是活断层的地表露头, 也可以由次级断层的活动而诱发形成。从致灾作用上来看, 地裂可以在没有发生地震时就成为灾害。而活断层致灾过程的主要表现形式为地震。

虽然地裂囊括了所有的地表介质的不连续现象, 但从灾害对策的意义上来说, 我们将只讨论那些致灾作用较强的地裂, 而对那些致灾作用很弱, 影响范围又很窄的地裂缝 (如地基处理不当引起的地裂缝) 则不予讨论。

1.2 地裂的分类

1.2.1 构造地裂

以构造运动为其主要成因的地裂称为构造地裂。按构造运动的不同方式可形成以下几种构造地裂:

(1) 地震地裂 发生构造地震时所产生的地裂为地震地裂。当地震烈度达到Ⅶ度左右时开始有地震地裂出现, 地震烈度愈强, 地震地裂的规模及其破坏作用亦愈大。

(2) 火山地裂 火山喷发之前, 上涌的岩浆从地壳深部以较高的压力作用于浅层地壳介质, 多形成以火山口为中心的辐射状地裂。按其喷发形式, 也可形成带状地裂等。

(3) 蠕滑地裂 断裂构造的长期蠕滑运动所产生的地裂。既可以是活断层“通天断层”的蠕滑, 亦可以是次级断裂的蠕滑。其影响范围取决于活断层的规模, 其致灾程度在多因迭加的情况下可以很强, 其活动时间与断层的活动时间一致。

1.2.2 滑塌地裂

以斜坡的失稳移动为成因的地裂称为滑塌地裂。斜坡的失稳移动类型有: 崩落型、倒塌型、滑动型 (旋转滑动及平移滑动)、侧向扩展型、流动型 (岩石流动、土体流动) 及

^① 《太平御览》第八百八十。

复合型。地裂及其扩展常成为斜坡失稳的先兆。

1.2.3 沉陷地裂

以地表介质沉陷为成因的地裂为沉陷地裂。地表介质沉陷类型有：断裂塌陷型（与各种成因形成的地下空穴有关）和地面沉降型（地下油、气、水被过量抽取）。前者常在局部地点产生急速扩展的地裂并引起快速的断裂塌陷；后者则在地面沉降区的边缘部位形成环状分布的地裂。

1.2.4 土壤物性地裂

以地表土层的特殊物理性质为成因的地裂为土壤物性地裂。常见的致裂土有二种类型：膨胀土和湿陷性黄土。它们的致裂特点是地裂均分布在该土层的厚度内，且都与地表水有关。

1.2.5 气象地裂

与气象因素密切相关的地裂可称之为气象地裂或地气耦合地裂。其主要类型为雨涝地裂、干旱地裂和融冻地裂。

1.2.6 多因迭加地裂

由上述二种以上成因迭加形成的地裂。

以上为地裂灾害的几种主要类型。此外还有一些特殊的地裂类型，因其影响较小暂未列出。

1.3 国外地裂灾害

地裂灾害已遍及世界。据初步统计，美国、新西兰、意大利、独联体、土耳其、蒙古、日本、墨西哥、智利、瑞士、秘鲁、德国、加拿大等国都出现过多种不同类型的地裂。这些地裂使建筑物倒塌，公路、铁路路基裂断，农田龟裂干化，造成的危害是非常严重的。这些地裂出现的成因不仅有内、外营力的迭加，而且还有人类活动的作用，值得注意的是越来越多的地裂灾害的出现是与人类活动有关的。

1.4 中国地裂灾害概况

地裂灾害在我国遍及各省。近几年来，全国有数千余处地裂，覆盖面积逾 60 万 km²。按照地裂的分类可以简要的归纳如表 1.1。

表 1.1 中国地裂一览表

地 裂 类 型	发 生 地 裂 的 省 区												
构 造 地 裂	新疆	青海	甘肃	内蒙	宁夏	陕西	四川	西藏	云南	贵州	湖南*	湖北	河南
	河北	山西	山东	辽宁	吉林	黑龙江	安徽	江苏	台湾	海南	广东	广西	
滑 塌 地 裂	四川	湖北	台湾	甘肃	陕西	云南	辽宁	广东	山西				
沉 陷 地 裂	湖北	台湾	山西	广东	广西	福建	江西	湖北	湖南	陕西	浙江		
土 性 地 裂	云南	广西	湖北	安徽	河南	河北	四川	陕西	广西	贵州	甘肃	山东	山西
气 象 地 裂	河南	陕西	河北	山东	湖南	湖北	广东	青海	西藏				

1.5 汾渭盆地地裂灾害概况

汾渭盆地地裂带以其特定的断裂方式、悠久的历史、巨大的致灾能量位居中国地裂灾害之首，这里几乎囊括了各种类型的地裂灾害。近几年来，已造成了数以亿元计的经济损失。仅关中地区就有 20 个县、市出现过地裂。其分布如图 1.1 和 1.2 所示。各地裂带的简要说明见表 1.2。现按地裂的分类归纳如下：

(1) 构造地裂 汾渭盆地属内陆裂谷式地堑，伸展构造十分发育，断层的运动方式具垂直差异运动、掀斜运动的正断层运动特点。这也赋予了盆地中构造地裂运动的统一特征——正断层式运动。由图 1.1 表明，多数地裂的展布方向与其邻近的活断层相一致（或共轭）。即构造对地裂起着控制作用。

(2) 滑塌地裂 汾渭盆地中黄土滑坡分布广泛，达数千处之多，再加上盆地周缘上的岩土崩塌类滑坡则使得滑塌型地裂不仅具有分布区域广泛，而且又具有形式复杂的特征。鉴于滑坡灾害每年都要造成严重的经济损失，并且直接带来人员的伤亡，研究滑塌地裂并用于滑坡监测及预报是有其重要意义的。

(3) 沉陷地裂 在汾渭盆地中，既有断裂塌陷型地裂，也有地面沉降型地裂，前者多在煤矿采空区发生，而后者多在过量抽取地下流体的地区发生。不久的将来，随着陕北煤田及油、气田的大规模开采，不难预测这类地裂灾害将必然出现。因此，现在就有必要考虑相应的防裂减灾对策，将可能带来的损失降到最低限度。

(4) 多因迭加型地裂 国内外许多地裂灾害都是在多因迭加下发生的，汾渭盆地中的地裂灾害亦然。西安地裂就是典型的多因迭加地裂。它既有构造地裂的基本特征，又有地面沉降地裂的位移迭加，还常表现出地—气耦合地裂的特殊性质，在某些地段上还可以发现湿陷性黄土地裂也夹杂其间。多因迭加型地裂往往以某一成因为主，这种成因基本上规定了地裂的类型和性质，而其它成因则是第二位的。然而，第二位的成因也并非无关紧要，在某些情况下甚至可以变成致灾的关键或“扳机”。多因迭加型地裂的另一个显著特点是人为的作用往往是致灾的关键因素。

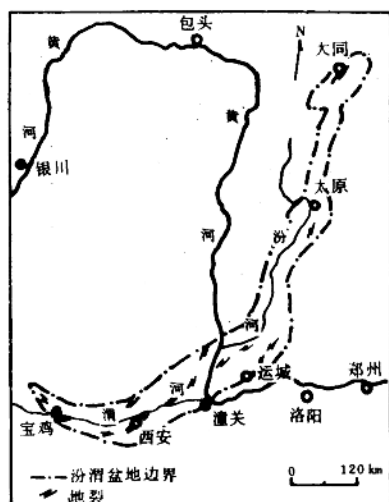


图 1.1 汾渭盆地地裂分布图

1.6 西安地裂灾害及其对策研究的意义

(1) 西安地区经济建设已经受到了西安地裂灾害的严重破坏，从目前地裂的发展趋势来看，建（构）筑物的损失还在继续增大。显然，对这种地质灾害及其工程对策的研究有着直接的应用价值。实践表明，我们和西安许多科研、生产部门提出的初步减灾对策已收到了较大的减灾经济效益。可以预见，更深一步的减灾工程技术对策的研究及其成果的推广应用将会进一步减轻地裂灾害的损失。

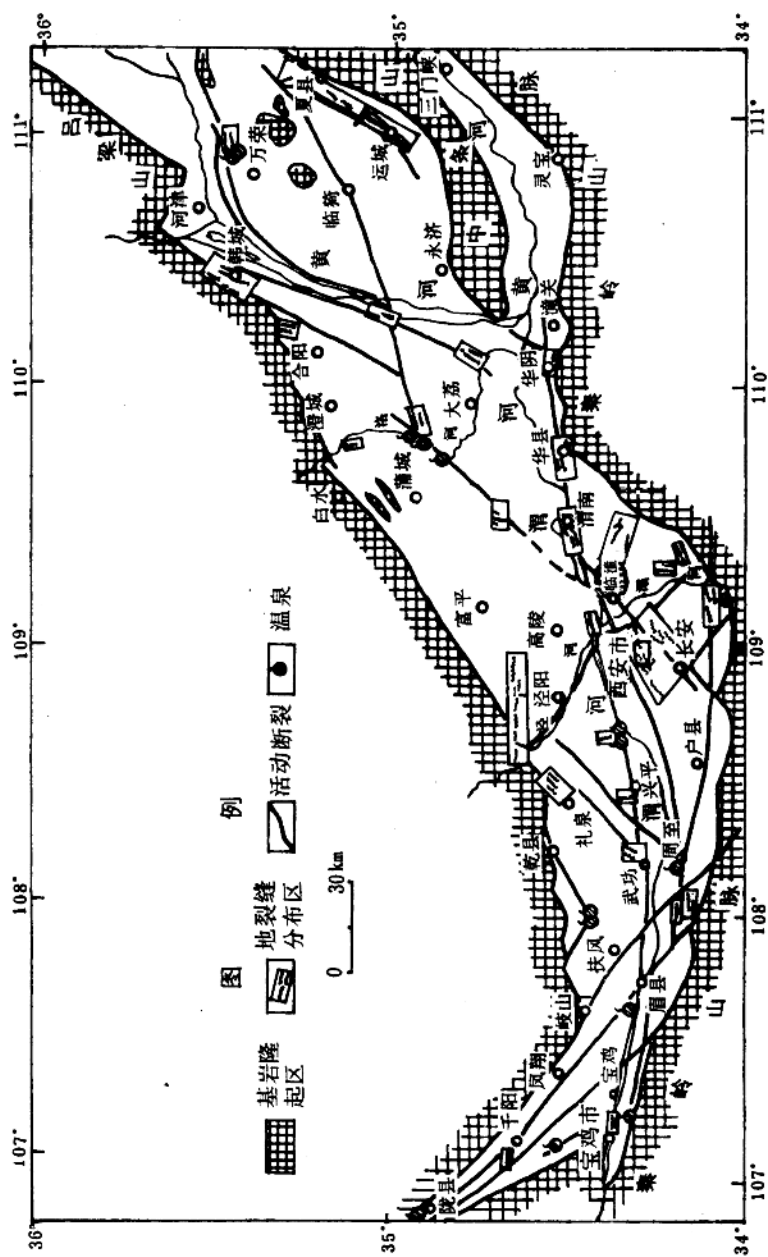


图 1.2 汾(部分)渭盆地地裂分布图

表 1.2

汾(部分)渭盆地地裂灾害一览表

地 裂 区 域	地裂带名称	发现地裂 时间(年)	走 向	长度(m)	特 征	类别
西 安	西安地裂	本次活动 1958	NEE	总 55	略	a、c、 d、c
鲍 陂 少陵原 白鹿原	马腾空地裂 金潭沱地裂 甘寨地裂	30 年代 以来	75° 80° 50°	300 数百 数百	为临潼—长安断裂的地表断裂带	a、c
焦岱— 引 镇	焦岱—高村地裂带		90°		沿余下断裂分布	a
临 潼	骊山北麓地裂带	1980	NEE NE NW	数百	为骊山北麓断裂的地表断裂带	a
渭 南	负张村地裂带 单家村地裂	1983 1984	NE 88° 3.8°	102 数百	沿渭河二级阶地及游河一级阶地 分布	a d、c
宝 鸡	马营地裂带	1974	90°	3000	由 20 余条地裂组成单缝长 100 ~ 200m 锯齿状	a
千 阳	南寨地裂带	1976	90°	400		a
周 至	翠峰、青化地裂带 竹峪沟地裂带	1979 1979	90° 90°	1000 1000	历史上多期活动,已活动数百年, 沿秦岭北麓断裂	a
礼 泉	昭陵乡地裂带	1940	35°	1500		a
武 功	武功河道地裂带	1945 1958	180°	100		a、c
咸 阳	师范学校地裂带		NW		历史地裂	a
高 陵	船张地裂带		NEE	500	沿渭河断裂分布	a
华 县	金惠地裂带 莲花寺地裂带	1949 1982	NE	500 300	沿华山北麓断裂分布	a、c、d

(据陕西省地矿局资料补充)

续表 1.2

华 阴	华山半导体厂	1971	NE	300		a、d、e
	华山汽修厂		NE	500		
	陕西化肥厂		NEE	350		
大 荔	朝邑地裂带	1967	NNE	8000	1920 年曾活动过	a
合 阳	黑池地裂带	1954	NE	4000		a
泾 阳	岳家村地裂带	1983	315°	400	口镇—关山活断层的地表破裂带	a
	蒙家沟地裂带	1979	85°	1000		
	泾阳水泥厂地裂带	1982	NNE	2000		
	北坡村地裂带	1949 年前	NE	500		
	相家村地裂带	1955	290°	400		
	黄家村地裂带	1960	85°	900		
韩 城	棉纸厂、木材公司、百货公司地裂带	1980	10°	1000	韩城大断裂的地表破裂带,伴有滑塌灾害	a、b
	陵园一新居民区地裂带	1986	28°	500		
运城— 夏 县	鸣条岗南缘地裂带	1973	NE	数千	从安邑上王经半坡、万荣、辛曹沿鸣条岗南侧断裂的黄土坎分布	a
万 荣	万荣地裂带	1959	NE	数千	从荣河断续延伸到稷山蔡村,与活动断裂一致	a

注: 地裂类别中的 a 为构造地裂; b 为滑塌地裂; c 为沉陷地裂; d 为多因迭加型地裂; e 为地—气耦合地裂

(2) 西安地裂从属于汾渭盆地地裂系统。由于它是典型的多因迭加型地裂灾害, 故对西安地裂灾害的深入研究, 便于认识汾渭盆地中的各类地裂的个性、共性及其相互关系。推动其它地裂带的减灾工作研究, 从而服务于汾渭盆地整体的防裂减灾工作, 为该区域的城镇、工业、交通网络布局, 土地合理利用等提供依据。

(3) 由于地裂运动携带着一定深度下地层中物理、化学参数变化的信息, 可望地裂能给我们带来益处, 即“祸兮福所伏”。这里有三方面的意义。其一是为地震预报探索提供了新的信息源; 其二是为地热资源的开发利用提供了更多的资料; 其三是可为其它地—气耦合灾害的研究提供参考。只要我们在研究中注意到不同学科的综合分析, 将有可能在对地裂灾害研究的同时, 将防裂减灾与兴利除弊结合起来。

(4) 西安地裂本身又是公里尺度的岩土介质断裂, 而且其活动方式又与构造运动相一致, 这就为我们提供了开展公里尺度的地球物理综合观测与震源物理的模拟研究工作的条件, 以解决实验室中的地震模型尺度过小的问题。

(5) 地裂本身是地表介质显示的一种破坏现象。其核心问题是研究裂缝如何在地表介质中产生、扩展和停止的规律，即属于断裂力学的研究范畴。然而，地裂研究的介质非但不均匀，而是多相的，即地裂处往往是气态、固态、液态物质都存在，裂缝虽在固态的岩土中，其生成却与流体介质的状态变化密切相关。同时，地表土层中本来就有水和气共存，其介质的力学模型已显著地区别于经典的断裂理论中的介质模型。因此，对地裂的研究将能够开拓断裂力学的研究领域，并能使之解决更多的应用问题。

(6) 地裂灾害反映出，由于人类滥无节制地向自然界索取而受到客观规律的惩罚，许多其他环境灾害问题也是如此。因此，对地裂灾害的研究，可为解决许多其他环境问题所借鉴。

第二章 西安地裂的几何学特征

2.1 西安地裂的鉴别标准

在黄土地区的地裂缝是屡见不鲜的。西安地裂能如此引人关注，就在于它有一系列独特的形态。概括起来，有如下几条能反映西安地裂本质属性的指标可供鉴别：

第一，裂缝的断裂类型、倾滑方向、地貌特征具有统一的规律性；

第二，裂缝的连续出露长度超过 1km；

第三，裂缝的倾滑速率在不短于全长三分之一的长度上达到（或近期曾达到过）AA 级活断层的速率（10~100mm/a）。

现在，西安市符合上述指标的地裂已由 1986 年前的 7 条增加到了 10 条（最北部的第 11 条尚不足 1km 长，故未列入）。

2.2 西安地裂的平面分布范围（图 2.1）

西安 10 条地裂缝的总体走向为 NEE，彼此以 0.6~1.5km 的间距近似平行地展布着。它们东起铲河，西到涇河，北起辛家庙，南到电视塔，在 NEE 方向长 19km，在 NNW 方向宽 10.5km，总面积达 150km²。地裂的长度从 2.1km 到 12.8km 不等，总长已逾 55km。在这 10 条地裂以南 4km 的黄土塬上还有 3 条目前不活动的地裂，被称为历史地裂缝，是临潼—长安断裂的地表断裂带。

2.3 西安地裂的展布概况

2.3.1 10 条地裂的展布分述

西安 10 条地裂的平面展布特征已概要地列入表 2.1 中。现将各条地裂从南向北分述如下：

F₁ 电视塔南地裂（图 2.1，省射击场—电视塔南侧） 地裂南靠黄土塬区，沿着南窑村黄土梁的北侧分布，全长 3km，总体走向 NE76°。在本世纪 20 年代曾有活动⁽²⁾，最近又可看到沿线的建筑（3 路公共汽车停车场、省射击场）发生破裂。路面上出现南升北降的张性断裂，建筑物上的破裂亦有南升北降的形迹。该地裂主要位于农田中，连贯性不强、活动也较弱。各段活动特征详见表 2.2。

F₂ 电视塔北地裂（图 2.1，植物园—陕西师范大学—农机站地裂） 地裂东段沿吴家坟黄土梁的南坡发育，全长 2.1km，总体走向 NE63°，是西安地裂中最短的一条。然而，其断裂形态却最复杂。西段与 F₁ 相同，即南升北降的倾滑张破裂（照片 1）；而东段则为南降北升的倾滑张破裂；中段（在长延堡村）为两种断裂形态的过渡段，断裂破碎带较宽，如果把东西二段看成二条地裂，这里则是二条地裂的复合部分。东西二段的断面都近直立，东段南倾，倾角 75°~80°；西段北倾，倾角亦为 75°~80°。该地裂在本世纪 20 年代至 30 年代曾出露地表，当地人称为“地峡”。本次活动从 1985 年持续至今，地表断裂连贯，造成的破坏较重。其分段详见表 2.3。

F₃ 大雁塔地裂（图 2.1，北池头—大雁塔—小寨南地裂） 地裂沿大雁塔至延兴门