



渭河盆地

活动断裂与

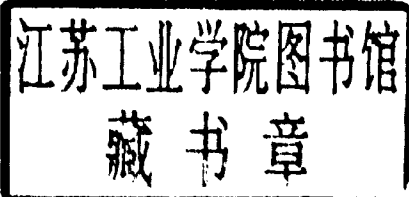
地质灾害

彭建兵 张 骏
苏生瑞 米丰收
著

西北大学出版社

渭河盆地活动断裂与地质灾害

彭建兵 张 骏 著
苏生瑞 米丰收



西北大学出版社

新登(陕)字011号

内 容 简 介

本书是系统而简明地阐述渭河盆地活动断裂与地质灾害的一本专著。

全书分十章,以丰富的实际资料和数据为基础,全面、系统、多层次地论述了渭河盆地20余条活断层的分布规律、演化特征、活动标志、活动方式、活动年代和微观特征,活断层生成与活动的地壳动力学背景;活断层的分形自组织结构,渭河盆地的形成演化机理。在此基础上,又系统地论述了渭河盆地各种地质灾害的分布规律、基本特征、致灾效应、分维结构、防灾对策以及活断层对地质灾害的贡献等一系列重大问题。

全书内容广泛,材料丰富,理论方法先进,论述深入,可供地质、地震、地理、地球物理、环境、地质灾害等学科的科技及教学人员参考和应用。

渭河盆地活动断裂与地质灾害

彭建兵 张 骏 著
苏生瑞 米丰收

※

责任编辑 兰世雄
西北大学出版社出版发行
(西安市太白路)

新华书店经销 蓝田县印刷厂印刷

※

787×1092mm 1/16开本 15.375印张 353.78千字 插页 1 图版 4

1992年12月第1版 1992年12月第1次印刷

印数: 1—1,000

ISBN7—5604—0387—5/P·25

定价: 8.00元

前言

渭河盆地习称渭河平原,地处我国腹地,平原舒展,土地肥沃,渭河滔滔,八水竞流,气候温和,物产丰富,四周山地环绕,山川壮丽,胜迹繁多,自古以来就有“陆海”、“天府”之称。

由于这里的自然环境优越,我们的祖先很早很早以前就在这块土地上繁衍生息,辛勤劳动,开创了人类最早的古文化。蓝田猿人、半坡遗址和姜寨遗迹宛如颗颗珍珠,晶莹明亮,昭示着这里曾是中华民族灿烂文化的发祥地。周朝以来,它又成为历代政治、经济和文化的中心。万里丝绸之路从这里起步,周、秦、汉、唐的一幕幕历史活剧从这里演出,皇城宫殿、帝王陵墓、奇观古塔、园林别墅、碑碣石刻等等比比皆是。山川胜迹诱人神往,这里每年迎来千千万万的旅游观光者。

历史的画面已经过去,今天的八百里秦川焕发出了新的活力,生产在发展,经济在振兴,人民生活改善。然而祸福相依的现象也困扰着这块土地。作为中国大陆典型的新生代裂陷盆地,这里的地质构造复杂,活断层纵横交错,新构造活动强烈,引起多种地质灾害频繁发生:周期性的地震活动每每给这里的人民带来重大灾难;时快时慢活动着的地裂缝在美丽的渭河平原上刻下了道道伤痕,给这里的经济建设和人民生活投下了阴影;广泛分布且不时活跃的滑坡、泥石流“移山淹谷”、“毁地没村”,严重地威胁着这里的生产和人民生命财产安全……

在数千年的历史发展长河中,这些灾害现象一直困扰着生活在这块土地上的人们,自然也就很早引起了人们的注意,今天在大量的史料中可见及这些灾害事件的记录。早至2000多年前的《诗经》、《禹贡》、《山海经》、《水经注》,历代本纪以及明清以来的地方志等历史文献均记载了大量的有关地震、地裂、滑坡和山河变迁等灾害事件。这表明,先辈们很早以前就开始探索各种灾害及其发生的原因。

然而,真正在本区开展地学研究,那却是19世纪末叶的事情,当时是李希霍芬开创了渭河盆地地质调查之先河。其后,一些学者先辈(王竹泉,1925;德日进,1930;张世忠等,1931;李连捷,1933;斯行健,1933;谢家荣,1933;冯景兰,1934,1948;杨钟健,1934,1943;赵亚曾、黄汲清,1937;张伯声,1947)也先后在本区留下了他们调查研究的足迹,并留下了一份份具有较高科学价值的地质调查记录。

1949年以后,渭河盆地的地质研究则一发而不可收。几十年来,许多单位和个人分别在本区开展过基础地质、黄土与第四纪地质、地质构造演化、新构造与地貌、石油地质、煤田地质、矿产地质、水文地质与工程地质、地震地质、活断层与地质灾害等专题的研究工作,并取得了一系列系统而富有创新性的成果(李四光,1954;郁士元,1956;李春昱,1956;张伯声,1956,1964;袁复礼,1957;高焕章,1957;张尔道,1957;郭增建,1957;张文佑,1958;张保升,1959;刘东生,1959;阎廉泉,1963;王永炎,1964;关恩威,1963;王存诚,1965;地矿部第三石油普查队,1966

~1977; 严阵, 1964; 陕西省地震队, 1970~1976; 西北大学地质系, 1976~1989; 陕西省第一水文队, 1978~1990; 徐继刚, 1978; 孙肇才, 1981; 张伯声、王战, 1956~1982; 国家地震局第二测量队, 1978~1988; 刘锁旺, 1989; 陕西省地震局综合队, 1980; 王景明, 1980~1988; 刘国昌、刘玉海等, 1982~1988; 胡广韬, 1980~1988; 李永善等, 1982~1990; 张家明等, 1980~1989; 张保增等, 1982~1990; 张安良、韩恒悦等, 1980~1990; 刘光勋, 1985; 邓起东、汪一鹏等, 1984~1987; 张少泉等, 1985; 杨森楠、杨巍然等, 1985; 张国伟等, 1985~1991; 宫同伦等, 1985~1988; 孙建中等, 1984~1990; 吴嘉毅, 1983~1990; 徐煌坚、申屠炳明等, 1985~1988)。经过这些研究者的共同努力, 本区的地质研究工作取得了长足的进展, 达到了较高的研究水平, 为后人的研究工作积累了大量的资料和丰富的经验。

作者们是1984年以后开始参加这一研究行列的。八年来, 笔者之一的彭建兵曾协助刘国昌教授并主持完成了陕西省科委“七·五”攻关项目《关中盆地活动断裂及其对工程地质灾害的控制》的研究课题; 张骏协助刘国昌教授和王景明副教授完成了国家自然科学基金项目《西安地区环境地质研究》中的地裂缝研究专题; 苏生瑞协助宫同伦教授完成了《渭河盆地地质灾害的构造基础》课题; 米丰收则一直从事渭河盆地地震地质的研究, 先后协助靳金泉完成了北西向活断层的调查研究任务, 协助张安良完成了盆地边界活断层的地质填图任务。

工作中, 作者们一直坚持以野外第一手资料为准, 实事求是、不尚空谈, 和其它同志一起, 辗转于渭河盆地及其周边地区数万平方公里区域内达数年之久, 调查和研究了区内20余县、市的活断层和地质灾害, 行程数千公里, 以辛勤的劳动获得了大批宝贵的实际资料和数据。

在研究过程中, 作者们一直认为, 在渭河盆地这样一个未愈合的大陆“伤痕”区, 活动断裂既是现代地壳活动的最敏感的“传感器”, 又是强应力释放的“窗口”。显然, 由现代地壳活动和应力释放引起的地质灾害, 必然与活动断裂有着密切的关系。因此, 作者们始终把握着这样一个学术思想, 即活断层是渭河盆地地质灾害的元凶, 所以, 详细而深入地研究活断层是解开渭河盆地地质灾害奥秘的钥匙。不言而喻, 活断层是研究工作的重点。

同时, 作者们还始终把握着科学研究的一个总原则, 既“见树又见林”的整体思维原则, 避免就断层论断层的“见树不见林”的单调思维。在研究工作中, 始终作到局部与区域相结合、深部与浅部相结合、古与今相结合、微观与宏观相结合、定性与定量相结合、传统方法与新思维相结合、实践与理论相结合, 全面地、系统地、多层次、多手段地研究全区20余条活断层的分布规律、活动特征、活动标志、活动方式、活动年代及周期、微观特征、活断层生成与活动的地壳动力学背景和活断层的分形自组织结构。在此基础上, 又系统地研究了本区各种地质灾害的分布规律、基本特征、致灾效应、防灾对策、分区评判、分维结构以及活断层对地质灾害的贡献等一系列理论和实际问题, 并取得了一系列的新认识和新成果, 本书即是这些研究成果的汇总。

全书共分为十章, 作为后叙问题的基础, 第一章概述了渭河盆地的地层系统、构造特征、新构造运动和构造地貌特征。前人及他人曾对渭河盆地的活断层进行过不同程度

的研究,但未能系统地综合研究区内全部活断层。本书第二章以大量的野外实际工作为基础,逐一详细地论述了区内22条活断层的分布规律、活动标志及活动方式,发现本区活断层可分为四大活动断裂系,它们在空间分布上具有明显的分带性和分区性,时间演化上具有显著的继承性和新生性,几何形态上以“y”型组合和阶梯状为特征,活动方式表现为伸展拉张、掀斜倾滑和枢纽运动,活动强度则具有明显的差异性。

利用先进的电子技术,对活断层破碎物进行微观或超微观研究,以及利用现代测年技术对活断层进行年代学研究,这是当前具有国际先进水平的两个前沿研究方向。作者循着这一方向,首次在本区开展了黄土中活断层破碎物的SEM形貌特征研究,发现本区活断层多为粘滑型,即灾害型活断层;通过热释光测年、冲沟裂点测年、断层陡坎测年、地形面测年和陡坎剖面扩散方程测年计算,还定量地确定出某些活断层的活动年代和地震活动周期,从而为本区活断层的工程评价提供了依据,这些则是本书第三章论述的重点。

运用系统和联系的辩证学术观,将活断层与各种地质地貌现象结合起来进行研究,则是本书的一个重要特色。本书第四章全面论述了渭河盆地活断层的特殊活动规律,它们体现在活断层控制着盆地的基底与盖层结构、新生代沉积范围、地貌单元的分区和分带、水系的布局、地热温泉的分布规律和现代地形变的分区和幅度等六个方面。

地壳动力学主要指的是地壳的运动与变形及其与前期地质构造基础、深部过程、区域应力场和动力学环境的关系,它反映了地壳新生代以来尤其是第四纪以来的运动和变形所引起的各种地质过程和地质事件的信息。因此,研究一个地区的活断层与地质灾害等第四纪重要地质事件,必须首先搞清该区地壳动力学背景。基于这一学术思想,本书第五章将活断层与古构造、深部构造、构造应力场等地壳动力学背景结合起来研究,发现渭河盆地活断层的生成、发育与活动具有特殊的地壳动力学背景,即几度开、合形成的压扭性断裂是本区活断裂的原型;中地壳低速-高导层为活断层的深层剪切活动和表层滑脱伸展创造了深部条件;近南北向的引张应力造成了活断层的伸展倾滑;渭河断裂、铁炉子-余下断裂和秦岭北缘断裂等三条铲式正断层的三次伸展扩张作用,是盆地形成的主要动力,因而渭河盆地是一典型的断裂盆地。

渭河盆地是中国大陆强震活动区之一,历史上地震繁多。由于本区是中华古文明的摇篮之一,其先期的历史记载几乎与中华民族早期历史等驾齐驱,地震记载之源远流长恐无第二个地区可相伯仲,这就为本区地震灾害的研究提供了有利条件。本书第六章在历史记录和前人工作的基础上,系统地论述了渭河地区地震灾害的时空分布规律、活动周期、震中迁移规律、华县大震震害等问题,在此基础上运用模糊数学理论,对渭河盆地的地震活动进行了综合评判,从而为地震危险区划提供了科学依据。

渭河盆地的地裂灾害,尤其是西安市的地裂灾害举世瞩目,许多学者曾对此进行过较详细的研究。本书第七章除了详细论述了渭河盆地及西安市地裂缝的分布特征、几何特征、运动特征和活动特征外,还以详细的实际资料为基础,重点论述了地裂缝带的地球物理和地球化学特征,并在此基础上讨论了地裂缝的致灾效应、工程地质特性及地裂缝的发展趋势和防灾对策。

滑坡、泥石流是渭河盆地两类重要地质灾害,它们严重地威胁着人民生命和财产的

安全。本书第八章首次系统地论述了渭河盆地滑坡、泥石流的空间分布规律、时间发育规律、典型滑坡的特点,影响滑坡、泥石流发展的主要控制性因素,并在此基础上运用模糊数学方法对滑坡灾害进行了分区评价。

自从法国学者 B. B. Mandelbrot 1982 年首次提出分维几何学的新理论以后,世界上大批学者诸路同归,先后陷入这一“迷宫”。而今,分维几何学在地质学中的应用业已成为国内外地质学研究的前沿课题。为此,我们首次运用这一新理论的思维方法,分别研究了渭河盆地的活断层与地质灾害的分形自组织结构。结果表明,本区活断层与地质灾害在时空上具有分形自组织结构,盆地活断层具有较高的分维值,东部地区的分维值高于西部,就单条断层而言,东段的分维值也高于西段;地震、地裂和滑坡的分布分维值也表现为东部地区高,西部低,从而定量地反映了东部地区构造活动强烈、地质灾害频繁,显示出活断层与地质灾害自相似结构的和谐性,活断层对地质灾害具有明显的控制作用。本书第九章对这些问题展开了讨论,并探索出了一些新思路和新方法。

渭河盆地地震、地裂和滑坡、泥石流等地质灾害不是孤立的事件,而是相互影响、相互制约的灾害系统。它们在空间上表现出群集性,时间系列上显示准周期和同步活动性,成因上具同源性和因果链关系,整个系统具有开放性,本书的最后一章总结了这些规律性。作为本书的理论基础,最后一章还讨论了活断层对本区地质灾害的特殊贡献及其内在原因等理论问题。

本书是作者们的集体劳动结晶,各章撰写分工如下:第一章由米丰收、彭建兵撰写;第二章由彭建兵、米丰收、苏生瑞撰写;第三章由彭建兵、苏生瑞、张骏撰写;第四章由张骏、彭建兵、苏生瑞撰写;第五章、第九章、第十章由彭建兵、苏生瑞撰写;第六章由米丰收、彭建兵、张骏撰写;第七章由张骏、苏生瑞、彭建兵撰写;第八章由苏生瑞、张骏、米丰收撰写;外文摘要由苏生瑞撰写;全书最终由彭建兵统稿并定稿。

科学研究是人类的一项重要实践活动,也是人类文明发展的重要组成部分之一。对一个地区地质问题的认识,需要数代人的前赴后继的努力。渭河盆地地质工作虽经几代地质工作者的努力工作打下了良好的基础,但仍遗留下许多有待进一步研究和探索的问题。我们的研究工作虽然在前人工作基础上前进了一步,但几年的工作又使我们进一步认识到渭河盆地地质问题的复杂性和我们自身认识上的局限性。这一方面是由于我们知识的局限,另一方面则是由于自然界吝啬地遗留给我们的只是残缺不全的记录。虽然我们一直坚持整体思维,但仍难以避免“瞎子摸象”般的认识悲剧重演。因此,我们不认为本书是渭河盆地新生代以来地质信息的全部概括,而只认为它是本区地质问题的一个侧面的总结。虽然给读者奉献了一些新成果和新认识,但新的问题和认识上的不足也留在了本书的字里行间,我们将它与本书一起奉献给读者,恳请各位专家和学界同仁批评指正,并请更多的人同我们一起去研究它、解决它。

著者

一九九一年九月二十日

序

渭河盆地，横展于陕西省中部，不仅以中华古文明的发源地闻名于世，且以特殊地质构造现象为国内外地质学界所瞩目。构造上，它夹持于鄂尔多斯台地和秦岭造山带之间，分野南北，衔接东西，处于特殊的构造应力场之中，对研究中国大陆岩石圈的构造演化有特殊意义；它是一个未愈合的大陆“伤痕”——新生代裂陷盆地，现代构造活动具有特殊的敏感性，成为窥测中国地壳现代活动的“窗口”。这里的地质灾害十分频繁、类型多样、成因复杂、破坏严重，尤因人口稠密、经济发达、名胜古迹繁多，在国际减灾十年之际，无疑是地质灾害研究典型实验场。因此，彭建兵等同志所著的《渭河盆地活动断裂与地质灾害》一书的重要意义，不言而喻。

著者研究的重点之一是活动层。活断层的强烈作用本身即是一种地质灾害，通过多种途径破坏工程设施。活断层快速滑动引起地震，对工程设施产生各种破坏作用；同时出现的地震断层，对工程设施具有难以抗拒的破坏；蠕滑造成地裂和位移，对工程设施也有一定的不良影响。活断层作用还与地裂、滑坡、岩崩、火山、湖震等地质灾害有着成因上的联系。因此，活断层可谓是地质灾害的内因之一。

著者将活断层作为研究的重点，这种科学思路无疑是正确的。书中首次详细论述了渭河盆地二十余条活断层的地质特征和活动特性，其资料的扎实和系统，十分难得。著者还在研究中注重了科学的整体性和创新性。前者，反映在活断层研究与盆地各种地质地貌、地壳动力学背景的研究结合起来。因而将活断层与新生代以来的各种地质过程与事件的信息联系起来，追根求源，从更大尺度上、更深层次上把握住渭河盆地活断层的生成、发育与活动的客观规律；后者，则反映在活断层的微观结构、年代分期、盆地形成演化机理和活断层的分形几何结构的研究，探索出一些新的思路与方法，并在一系列问题上提出了新的学术观点，有相当的理论力度。

著者的另一主干经线是地质灾害问题。地质灾害，是由于内外地质作用或经济工程活动，导致地质环境剧烈、超量的变化或恶化，造成人类生命财产巨大威胁和毁损的地质事件。渭河盆地在新生代里伸展和活动断裂强烈活动的地质背景中，地震、地裂、滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降等各种灾害，已构成了一个灾害系统，并困扰着生活在这块土地上的人们。因此，吸引了许多地质工作者去研究它，探索它，积累了丰富资料。著者以这些资料为基础，并经过现场的长期艰苦工作，详细研究和论述了发生在渭河盆地的这些地质灾害的分布规律，形成机理、分维结构、致灾效应、孕灾预测等问题。据此发现渭河盆地地质灾害系统具有空间分布的群集性、时间序列的准周期性、成生关系的同源性和前后因果的“地质链”，以及与环境系统的可协调性和开放性等特征。书中关于活断层与地质灾害分维结构对比的研究，在活断层与地质灾害的研究领域中，开拓出一个新方向；为活断层与地质灾害相关性的研究，提供了更为科学的定量判据。

全书以活断层和地质灾害为两条主干经线，二者的空间分布特征和时间演变规律为纬线，将渭河盆地新生代以来的主要地质过程和地质事件联系起来，交织成一个结构严

密的整体，为盆地活断层与地质灾害的研究，展现出一个好的典范。

当然，本书也还会有一些不尽人意之处，但毕竟迈出了可喜的一大步。该书出版对渭河盆地乃至其它地区同类问题的研究，具有重要的参考价值；对渭河地区的经济建设和防灾减灾，也具有一定的实际指导意义。

该书的作者是活跃在我省地质学界的几位青年地质工作者。他们经过长达八年的野外实战和室内研讨，撰写了这一力作。看到他们取得的成绩，应该感到由衷地欣喜。青年地质工作者正在茁壮成长并执着努力地开拓，这对地质科学的研究，必然会取得长足的发展。应该承认，像该书的青年作者这样，忠于本职，以学为本，耐得沉静，锲而不舍地在学术研究上作出扎实的成果，才无愧于祖国，有益于科学。

胡广韬

1992. 9. 25

目 录

第一章 区域地质概况	(1)
第一节 地层系统	(1)
第二节 区域构造	(5)
第三节 新构造运动与构造地貌	(9)
第二章 渭河盆地活动断裂的分布规律、地质特征及活动标志	(16)
第一节 近东西向活动断裂系	(16)
第二节 北东向活动断裂系	(36)
第三节 北北东向活动断裂系	(38)
第四节 北西向活动断裂系	(44)
第三章 活断层的活动年代和微观特征	(49)
第一节 骊山北缘山前活动断层的年代学研究	(49)
第二节 某些活断层的热释光断代	(57)
第三节 活动断层破碎物的SEM特征与断层活动方式	(59)
第四节 活断层石英碎砾的溶蚀特征与断层活动年代	(63)
第四章 活断层的活动规律	(65)
第一节 活断层与盆地结构	(65)
第二节 活断层与新生代沉积	(66)
第三节 活断层与地貌单元	(72)
第四节 活断层与水系	(73)
第五节 活断层与地热温泉	(75)
第六节 活断层与地形变	(77)
第五章 活断层生成、发育与活动的地壳动力学背景	(81)
第一节 古构造背景	(81)
第二节 深部构造背景	(82)
第三节 构造应力场背景	(88)
第四节 盆地的形成演化背景	(93)
第六章 地震灾害	(102)
第一节 地震活动的时空分布特征	(102)
第二节 地震的孕育条件及震中迁移规律	(110)
第三节 华县大地震及其震害	(112)
第四节 古地震遗迹及大地震重复间隔	(118)
第五节 地震活动的分区评价	(122)

Contents

Chapter 1	Overview on the Regional Geology	(1)
1.	Stratigraphy	(1)
2.	Tectonics	(5)
3.	Neotectonic Movement and Tectonic Geomorphology	(9)
Chapter 2	Distribution, Characteristics and Active Indicators of the Active Faults in Weihe Basin	(16)
1.	EW-trending Active Faults	(16)
2.	NE-trending Active Faults	(36)
3.	NEE-trending Active Faults	(38)
4.	NW-trending Active Faults	(44)
Chapter 3	Chronologic and Microscopic Features of the Active Faults	(49)
1.	Chronologic Study of the Active Fault at the Northern Foothill of Lishan Mountain	(49)
2.	Thermoluminescent (TL) Dating of Some Active Faults	(57)
3.	SEM Features of the Fragments from Active Faults and Their Movement Modes	(59)
4.	Solution characteristics of the Quartz Fragments in Active Faults and Active Age of the Active Faults	(63)
Chapter 4	Movement Regularities of the Active Faults	(69)
1.	Active Faults and the Basin Structure	(65)
2.	Active Faults and the Cenozoic Sediments	(66)
3.	Active Faults and the Geomorphology	(72)
4.	Active Faults and Drainage System	(73)
5.	Active Faults and the Geotherm and Hot Spring	(75)
6.	Active Faults and the Crustal Deformation	(77)
Chapter 5	Crystal Dynamic Background for the Formation, Development and Activity of the Active Faults	(81)
1.	Palaeotectonics	(81)
2.	Deep Tectonics	(82)
3.	Tectonic Stress Field	(88)
4.	Formation and Evolution of the Basin	(93)
Chapter 6	Hazards on Earthquakes	(102)
1.	Time-space Distribution of the Earthquakes	(102)

2. Earthquake-pregnant Conditions and Regularities of Epicenter Migration	(110)
3. The 1556 Huaxian Earthquake	(112)
4. The Paleoearthquake Traces and Earthquake Recurrence Intervals ...	(118)
5. Evaluation of Seismic Activity	(122)
Chapter 7 Hazards on Ground Fissures	(128)
1. Hazards on Historical and Modern Ground Fissures in Weihe Basin...	(128)
2. Distribution and Properties of Xi'an Ground Fissures.....	(135)
3. Hazardogenic Effect and Site Engineering Geological Characteristics of Xi'an Ground Fissures	(145)
4. Factors Affecting the Development of Xi'an Ground Fissures and the Countermeasures for Reducing Hazards	(153)
Chapter 8 Hazards on Landslides and Debris Flows.....	(159)
1. Distribution, Type, and Characteristics of Landslides	(159)
2. Cases for Analysis of Typical Landslides.....	(167)
3. Major Factors Affecting the Development of Landslides.....	(172)
4. Synthetic Evaluation Using Fuzzy Mathematics and Prevention of the Hazards on Landslides.....	(175)
5. Hazards on Debris Flows	(181)
Chapter 9 Fractal Self-organization Structure of the Active Faults and Geological Hazards	(190)
1. Fractal Self-organization Structure of the Active Faults.....	(191)
2. Fractal Self-organization Structure of the Geological Hazards	(201)
Chapter 10 System of the Geological Hazards and the Contribution of Active Faults to Geological Hazards in Weihe Basin	(208)
1. Complecity of the System of Geological Hazards	(209)
2. The Contribution of Active Faults to Geological Hazards	(212)
3. Mechanism for the Contribution of Active Faults to Geological Hazards	(218)
Abstract	(220)
Postscript.....	(225)
References	(228)

第一章 区域地质概况

渭河盆地是渭河及其主要支流——泾、洛、泾、灞、沔、泾、泾、泾、黑、千、漆水、石川河等河流汇集归入黄河的地域，因而有渭河冲积平原之称。盆地之东为函谷关，西为散关、南为武关、北为萧关，四关挟持，故又有关中平原之称。盆地东西长约八百里，春秋战国时属于秦国疆域，历来号称“八百里秦川”。

渭河盆地西起宝鸡，东迄黄河，南依秦岭，北傍渭北低山，东西长约400km，南北宽30~80km，面积约3400km²，整体似半个弯月横亘于陕西省中部。

坦荡低平的渭河盆地，平均海拔400m，地势西高东低，向东缓倾。自盆地中心向两侧山地，地形呈阶梯状隆升，依次为河流阶地、冲积平原、黄土台原、山前冲洪积扇裙。盆地边缘层峦迭嶂的山脉带，在地貌上表现为明显的断层崖和断层线崖，比高数百米，三角面发育良好，沿断层崖的崖脚，无数泉水成列出现。渭河顺盆地中轴向东奔流直注黄河，其南岸支流源于秦岭，流径短且平行密布，有秦岭七十二峪之称；北岸支流较少，源于鄂尔多斯台地，源远流长。山地的陡峻，沟谷的深切，黄土台原和河流阶地的广泛发育及其差异性，雕塑出了渭河盆地独具一格的地理地貌特征。

第一节 地层系统

渭河盆地发育在鄂尔多斯台地与秦岭褶皱带交界的部位，其地层系统分属于华北和秦岭两大地层区，出露地层从老到新有太古界、中晚元古界、寒武-奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系及新生界。前新生界及花岗岩构成了盆地基底并出露于盆缘山地，巨厚的新生界形成了辽阔的渭河平原。主要地层自老至新简述如下：

1. 太古界太华群 (Arth)：为北秦岭褶皱带最古老的结晶基底。主要出露于盆地南侧潼关—蓝田一带，在骊山、韩城等地有零星出露。岩性为黑云母斜长片麻岩、黑云母角闪斜长片麻岩、二云母石英片岩、石英岩、混合岩化黑云母斜长片麻岩等。

2. 元古界 (P₁)：主要出露于盆地南侧的清姜河、斜峪关—涝峪口、汤峪、寺沟一带及骊山南坡，宝鸡以西冯家山附近的千阳河西岸也有出露。岩性主要为云母石英片岩、含磁铁矿片岩、硅化的白云质大理岩、千枚岩等。

3. 寒武系 (C)：主要分布于西崛山、瓦罐岭、羊毛湾、张家山、禹门口等地。岩性为浅海相的泥页岩、泥灰岩、鲕状灰岩、灰岩和白云岩。与下伏元古界呈平行不整合接触。

4. 奥陶系 (O)：分布于瓦罐岭、唐王陵、嵯峨山、药王山及韩城禹门口等地。岩性主要为灰岩、泥灰岩、燧石灰岩、含砾页岩、钙质砾岩等。与寒武系平行不整合接触。

5. 石炭系 (C)：主要分布于盆地北缘的将军山、尧山、韩城等地，南缘眉县、李家河一带也有出露。岩性主要为海陆交互相的含煤建造，即灰黑、黑色页岩、砂质页岩、

薄层泥灰岩、铝土质页岩、赤铁矿夹层及可采煤1~3层。与下伏奥陶系为角度不整合接触。

6. 二叠系(P): 分布于石川河以西的黄里镇、口镇、韩城等地。下部为沼泽相、湖相的含煤沉积, 上部为海相的杂色砂、泥岩、页岩。与石炭系整合接触。

7. 三叠系(T): 出露于韩城禹门口一带及洛河、泾河、漆水河、洽峪河等河谷中, 为河流相的碎屑岩沉积, 岩性为暗紫色或灰绿色厚层砂岩、砂质页岩及页岩等, 与二叠系平行不整合接触。

8. 白垩系(K): 主要出露于宝鸡—陇县的金陵河两侧及凤翔县北面的西河、蟠桃河一带, 为河湖相沉积的褐红色至咖啡色砾岩、砂岩、砂页岩夹泥灰岩, 局部夹劣质煤。

9. 第三系: 分布于白鹿原、同仁原、横岭原以及骊山周边地带, 分老第三系和新第三系, 依次围绕骊山向西、南、东成扇状分布, 近骊山者老, 远骊山者新。大多数掩埋于平原之下, 其上为第四系覆盖, 仅在深切沟谷或山地边缘见及。

(1) 始新统红河组(E_2): 集中出露在骊山东南及西南麓各冲沟的中上游两侧, 以大套紫红色泥岩为特征, 夹灰黄色和灰绿色砂岩、粉砂岩, 代表性剖面为蓝田华胥支家沟剖面, 视厚度近200m。该组为湖泊、河流相沉积, 地层总体倾向南西, 以较缓的倾角由骊山插入平原下部。钻井揭露, 本组在平原地区埋深2100~2800m, 与下伏太华群为不整合接触。

(2) 白鹿原组(E_3): 出露于骊山东、南、西三面沟谷中, 另在灞河左岸的白鹿原边的毛西村有少量出露。岩性主要为灰白色砂岩与紫红色、褐色泥岩, 分上、中、下三部分, 与红河组呈假整合接触, 为河流、湖泊相沉积, 代表性剖面为蓝田华胥支家沟剖面, 视厚度500m。

(3) 中新统(N_1): 出露于骊山南麓和西麓、白鹿原东缘、横岭原沟谷中, 厚度由数米到百余米不等, 据钻井揭露, 盆地内部厚达1342m, 埋深670~1200m, 由东向西, 愈近西安凹陷中心埋深愈大。本统分为两组, 下部为冷水沟组, 上部为寇家村组。与白鹿原组不整合接触。

A. 冷水沟组(N_{11}): 出露于骊山西侧、横岭原两侧以及灞河左岸的白鹿原边。岩性主要为紫红色泥岩、砂岩, 为湿热气候条件下的河湖相沉积, 以湖相为主, 代表性剖面在冷水沟, 视厚度25m。

B. 寇家村组(N_{12}): 出露于骊山西侧、蓝田与渭南之间的横岭原两侧, 以及灞河左岸的白鹿原边一带。岩性为棕红色、桔黄色泥岩和灰白色、棕黄色砂岩, 为湿热条件下的河湖相沉积, 以湖相为主, 代表性剖面为西安市东郊毛东村剖面, 出露厚度0~142m。

(4) 上新统(N_2): 分布较为广泛, 除灞河之外, 在金陵河、洛河、干阳河及瓜坡等地均有出露, 岩性为大套灰黄、褐、浅红棕色泥岩与含砾砂岩互层, 厚达227~989m。本统分为两组:

A. 灞河组(N_{21}): 出露于盆地东南部西安、蓝田、渭南之间, 另在华县瓜坡、蒲城、澄城、宝鸡、眉县等地的河谷中也有少量出露。岩性上部为黄棕、浅灰绿色泥岩; 中部为紫褐、黄棕色砂质泥岩与砂砾岩互层; 下部为浅紫褐色泥岩、浅棕黄色砂岩, 系

河流相为主的河湖相沉积。在平原区埋深470~900m以下,与下伏寇家村组呈假整合接触,代表性剖面为蓝田县灞河西岸水家嘴一大庙沟剖面,厚294m。

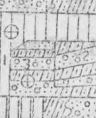
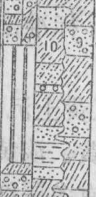
10. 第四系(Q): 广布全区, 岩性以黄土和砂砾卵石为主, 成因类型复杂, 以风积、冲洪积、湖积为主, 另有冰水、坡积、滑塌堆积。第四系与下伏第三系为不整合接触。由于原始地形崎岖不平, 使第四系沉积厚度差别极大, 由西北而东南增厚。盆地沉积中心处的户县、固市等处, 第四系厚度最大, 一般为700~800m, 极者达1300m。河谷区一般均大于400m, 黄土原区一般厚100~300m或小于100m(表1-1)。

A. 三门组河湖相(Q₃s): 主要出露在本区东南部华县—渭南一带二道原区的深切河谷内; 在西部的宝鸡、蔡家坡及北部的蒲城、大荔、合阳等地也有少量出露。钻孔揭露, 平原区顶部埋深399~715m不等, 沉积厚度108~508m。岩性上部多为未成岩的灰白色砂层及粘土; 下部固结成岩, 为灰白色砂岩、粉砂岩和泥岩互层。标准剖面为渭南沈河张家坡—芦家壕剖面。

C. 三门组冰水相 (Q_1^3): 出露于蓝田公王岭、渭南小峪寺沟等河谷出口处。岩性为一套灰白色泥、砂砾石层。砾石成分主要为石英岩、花岗岩、片麻岩等, 呈棱角状或次棱角状, 大小混杂, 分选差且常见擦痕。厚10~30m。

A. 泄湖组下部风积层：主要见于蓝田公王岭，相当于“下离石黄土”，岩性为较致密状的黄土状砂性粘土，含8~9层古土壤，层间距离小，颜色较暗，色褐红，底部从未风化，磨圆和分选较好的底砾岩与下伏地层不整合接触，层内有蓝田猿人化石，测得年龄为距今110万年。

表1-1 渭河地区第四系地层柱状图

系	统	组	符号	柱状图	厚度 (米)	岩性描述	备注
第四系	全新统	上部	Q ₁		① 5-22 ② 2-40	1.洪积层：褐黄、棕黄色砂砾卵石、漂石夹砂质粘土层，分选差。 2.冲积层：浅黄、黄、灰黄色砂、砂砾卵石及粘质砂土、砂质粘土层。	Q ₁ 尚有少量 风积砂层。
		下部	Q ₂		① 5-70 ② 10-83	1.洪积层：褐黄、灰黄色砂质粘土、砂砾卵石、漂石、漂石等。 2.冲积层：上部浅黄、黄褐色砂质粘土层，下部灰、灰黄色、黄褐色砂砾卵石夹薄层粘质砂土、砂质粘土层。发现新人及哺乳动物骨骸有：新人 (<i>Homo sapiens</i>)、方氏鬃鼠 (<i>Myospalax cf. fontanieri</i>)、家犬 (<i>Canis familiaris</i>)、斑鹿 (<i>Pseudaxis hortulorum</i>)、等。	Q ₂ 尚有少量 沼泽—化学 沉积层及重 力滑移堆积 层。
	更新统	乾县组	Q ₃		① 4-29 ② 8-65 ③ 3-60	1.洪积层：浅黄、灰黄色黄土，具垂直节理，大孔发育，底部夹1-2层古土壤。 2.洪积层：褐黄、黄褐色砂质粘土及砂砾石、漂石层等，分选差。 3.冲积层：灰黄、灰褐色粘质砂土、砂质粘土及砂砾卵石层，多具水平层理。 在乾县组各类堆积物中，含哺乳类化石有：新人 (<i>Homo sapiens</i>)、方氏鬃鼠 (<i>Myospalax fontanieri</i>)、斑鹿 (<i>Pseudaxis hortulorum</i>)、原始牛 (<i>Bos primigenius</i>)、小鼠耳 (<i>Microtus brandioides</i>)、变种仓鼠 (<i>Cricetulus varians</i>)、鬣狗 (<i>Crocuta cf. ultima</i>)、野马 (<i>Equus przewalskyi</i>)、披毛犀 (<i>Coelodonta antiquitatis</i>)、河套大角鹿 (<i>Megaloceros cf. ordosianus</i>)、纳马象 (<i>Elephas namadicus</i>)、野驴 (<i>Equus hemionus</i>)、赤鹿 (<i>Cervus elaphus canadensis</i>) 等。	对于Q ₃ 的黄土类沉积层图中未予反映。
	更新统	中湖组	Q ₄		① 14-48 ② 4-48 ③ 7-19 ④ 3-33 ⑤ 3-24 ⑥ 4-43 ⑦ 6-78 ⑧ 2-33 ⑨ 54-250 ⑩ 87-311	1.洪积层：浅黄、黄褐色黄土状砂质粘土，含钙质结核，夹3-4层棕红色古土壤。 2.洪积层：灰黄、褐黄、灰褐色砂质粘土、砂砾石、漂石层等，分选差，局部微胶结。 3.冲积层：褐黄、灰黄色砂、砂砾卵石及砂质粘土、粘质砂土。 4.洪积层：浅棕黄、黄褐色黄土状砂质粘土，含钙质结核，夹3-4层古土壤。 5.洪积层：褐黄、黄、灰黄色砂砾石、漂石及砂质粘土、粘质砂土。 6.冲积层：灰黄、褐、灰绿等色砂、砂砾石、砂质粘土层。 7.洪积层：褐黄、浅棕红色黄土状砂质粘土，含钙质结核，夹2-10层古土壤。 8.冲积层：褐、灰白、灰黄色砂砾卵石及砂质粘土、粘质砂土。东部地区尚有冲积—湖积层。 9.洪积层（未细分）：棕黄褐黄色砂质粘土，粘质砂土及含泥的砂砾卵石、漂石层等。 10.冲积—湖积层（未细分）：棕黄、灰绿、灰褐、灰色砂质粘土，粘质砂土与砂、砂砾石互层。 在湖沼组各类堆积物中，发现化石有：兰田猿人 (<i>Sinanthropus lanlianensis</i>)、高冠潘河鼠 (<i>Baomys hypsodontia</i>)、复齿鼠兔 (<i>Ochotonoides complicidens</i>)、小黑熊 (<i>Ursus thibetanus kokeni</i>)、方氏鬃鼠 (<i>Myospalax fontanieri</i>)、大熊猫 (<i>Ailuropoda melanoleuca cf. fovealis</i>)、中国鬣狗 (<i>Hyena sinensis</i>)、虎 (<i>Felis tigris</i>)、中国狼 (<i>Canis sinensis</i>)、豺 (<i>Cuon alpinus</i>)、杨氏虎 (<i>Felis pardus</i>)、羚羊 (<i>Capra sp.</i>) 等。	Q ₄ 尚有少量 冰水沉积层。
第三系	上新统	三门组	Q ₁		① 8-56 ② 5-330 ③ 21-67 ④ 35-451	1.洪积层：褐黄、棕黄、棕红色黄土状砂质粘土，含层板状钙质结核，夹3-15层古土壤。 2.洪积层：褐黄、棕黄、浅棕红色砂质粘土夹砂砾石、漂石层，分选差。 3.冲积层：浅黄、灰白、浅灰绿色砂、砂砾卵石夹粘土、砂质粘土层，具交错层理。 4.冲积—湖积层：灰、灰黑、灰绿、灰黄、褐色粘土、砂质粘土、砂、砂砾石层，具水平层理。 在三门组各类堆积物中，发现化石有：变种仓鼠 (<i>Cricetulus varians</i>)、中国古豹 (<i>Felis cf. palaeosinensis</i>)、纹背仓鼠 (<i>Cricetulus cf. friscus</i>)、赵氏鬃鼠 (<i>Myospalax chaoyoteni</i>)、斑鬃鼠 (<i>Myospalax arvicolinus</i>)、桑氏鬃鼠 (<i>Hyena cf. licenti</i>)、短耳兔 (<i>Ochotona sp.</i>)、长鼻三趾马 (<i>Proboscidea dipparion sinense</i>)、三门马 (<i>Equus sanmeniensis</i>)、粗面轴鹿 (<i>Axis cf. rugosus</i>)、大角鹿 (<i>Euceros sp.</i>)、中国野牛 (<i>Bison palaeosinensis</i>)、师氏剑齿象 (<i>Stegodon adamskyi</i>)、纳马古象 (<i>Palaeolozodon nemadicus</i>)、箭蚌 (<i>Lamprotula sp.</i>) 等。	
		兰田组	N ₂			深红、棕红色泥岩及棕红、灰白色砂砾岩。	

(此表资料以西安地区为主，据陕西地矿局第一水文队)