

•国土资源部“九五”资源与环境科技公关项目•

中国西北黄土地区 典型岩溶水系统研究

ZHONGGUO XIBEI
HUANGTUDUQU
DIANXING
YANRONGSHUI
XITONG YANJIU

韩行瑞
梁永平
时 坚 等著

GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS
广西师范大学出版社



中国西北黄土地区 典型岩溶水系统研究

韩行瑞 梁永平 时 坚 刘 方 李 峰 著
张发旺 刘德深 王濯凝 王 晶

广西师范大学出版社
桂 林

内容提要

北方岩溶与岩溶水在国民经济和岩溶理论方面均有重要意义,以往的研究工作多集中在华北地区。随着国家西部大开发战略的实施,探讨西北干旱地区岩溶发育特征及岩溶水资源可利用性已成为一个很重要的课题。本书以系统理论和环境科学为指导,以陕西渭北西部黄土台塬隐伏岩溶区为例,通过深入的研究工作,论述了特殊地质环境背景下的岩溶发育规律、岩溶地下水形成模式、分布特点和资源评价方法及科学开发利用策略。

本书为我国西北地区岩溶及岩溶水的研究和开发利用,提供了新思路、新方法,可供参加西部大开发的广大地质及水利工作者使用,也为大专院校及科研工作者提供了新的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

中国西北黄土地区典型岩溶水系统研究 / 韩行瑞, 梁永平, 时坚等著. —桂林: 广西师范大学出版社, 2005.12

ISBN 7-5633-5806-4

I. 中… II. ①韩… ②梁… ③时… III. 黄土高原—岩溶水—研究 IV. P641.134

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 129024 号

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市育才路 15 号 邮政编码: 541004)
(网址: <http://www.bbtpress.com>)

出版人: 肖启明

全国新华书店经销

桂林矿产地质研究院印刷厂印刷

(桂林市辅星路 2 号 邮政编码: 541004)

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 10.5 字数: 243 千字

2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

印数: 001~750 册 定价: 60.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。

序

我国北方岩溶及岩溶水的研究和开发利用,经历了由华北向西北逐步展开的过程,随着西部大开发战略的实施,解决水资源问题成为首要任务。本书即是在国土资源部“九五”资源与环境科技攻关项目“陕西渭北西部黄土塬隐伏岩溶区地下水开发利用研究”成果基础上写成的。

渭北西部黄土台塬区面积约6 000km²,90%的基岩被深厚的黄土所覆盖,研究程度低,是我国北方岩溶水文地质研究的空白区。该区气候干燥少雨,地下水埋藏深,地质构造复杂,地层岩相变化大,岩溶水形成条件及资源分布不清,使开发利用遇到很大困难。为此,中国地质科学院岩溶所与有关地勘单位共同协作,在5年的研究工作中,开展了大范围的基础地质——岩溶水文地质野外调查研究及岩相、水化学、同位素测试工作。在大量野外第一手资料的基础上,采用岩溶水系统分析及计算机模拟,全面揭示了该区岩溶水文地质特征,提出了黄土地区隐伏岩溶水的形成模式及开发利用方向。

该区处于华北地台西缘,沉积岩相由华北地台多旋迴浅海—潮坪相含膏碳酸盐岩变为连续沉积的巨厚广阔海—深海相纯碳酸盐岩沉积建造,因此含水介质也由似层状含水层变为典型的巨厚非均质岩溶裂隙含水层;该区处于汾渭裂谷北侧,裂谷构造控制岩溶水的分布及形成。北部形成浅循环常温岩溶水系统,南部形成中低温岩溶热水系统。

首次对该区岩溶地下水资源进行了全面评价,并圈定了富水地段、水源地及热水勘探靶区。经过近年的勘探与开发实践,证明研究成果对该区及西北地区岩溶水开发利用有重要指导作用,书中所提出的研究方法适用于西北黄土岩溶区。

该书主要作者长期从事北方岩溶及岩溶水资源研究工作,提出的岩溶水系统(泉域)模式分析方法,已被广大水文地质工作者采用。特别是在山西能源基地,开展过系统研究工作。他们重视野外现场调查研究,面向国民经济实际需要,把区域岩溶水文地质研究与重点岩溶水系统研究相结合,把传统方法与现代技术相结合。他们的成果为当地国民经济发展及推动我国北方岩溶理论研究起到了重要作用。

本书为“岩溶水系统——山西岩溶大泉研究”的重要姊妹篇,相信像前篇一样,本篇也会受到广大水文地质工作者,特别是岩溶水文地质工作者欢迎。

中国科学院院士

袁道光

2005年8月

绪 言

本书是在国土资源部“九五”期间为贯彻落实国家开发西部首先要解决水资源问题的战略部署而实施的“资源与环境”科技攻关项目“陕西渭北西部黄土塬隐伏岩溶区地下水开发利用研究”的基础上写成的。

渭北黄土台塬地处黄土高原和渭河谷地的过渡地带,其中中西部地区面积约 6000 km², 90%的基岩为深厚的黄土所覆盖,研究程度很低,是我国北方岩溶水文地质研究的空白区之一。此外,由于该区基岩出露面积小,地下水位埋藏深,气候干燥少雨,生产生活用水十分紧缺。因此,迅速组织各方面的专家和力量,深入开展渭北黄土台塬隐伏岩溶及岩溶地下水的形成条件及分布规律研究,对合理、有效开发本区岩溶地下水,促进渭北乃至整个中国西部地区社会经济的发展 and 进一步完善与丰富我国岩溶地质科学的研究内容,有很大的现实意义和理论意义。

全书主要由第一章自然环境、第二章岩溶发育特征、第三章岩溶水文地质条件、第四章岩溶地下水资源评价、第五章渭北西部黄土塬隐伏岩溶地下水合理开发利用和第六章岩溶地热系统的形成及地热资源潜力评估六个部分组成。针对渭北黄土台塬黄土覆盖面广,地表基岩裸露少,构造单元地处华北地台西南缘,南邻秦岭地槽,岩相构造复杂等特点,项目在研期间,开展了大范围的基础地质—岩溶水文地质野外调查研究,完成了大量的水文测流、水化学及同位素取样分析工作,并进行了一系列的水文地质勘探试验。在此基础上,通过各种资料、数据的统计和综合分析,较为全面地揭示了该地区的岩溶水文地质特征,取得的突破性的认识主要有如下几个方面:

1. 含水介质为非均质岩溶裂隙含水层。与华北地台的多旋迴浅海—潮坪相含膏碳酸盐岩沉积不同,研究区岩溶水系统的岩相变为沉积连续的巨厚广阔海—深海相纯碳酸盐岩沉积,因此含水介质也由似层状含水层变为典型的非均质岩溶裂隙含水层。

2. 裂谷构造对岩溶水分布有重要控制作用。区内处于汾渭裂谷北侧,主要构造为逐渐向南阶梯状降落的东西走向断块构造,并被北东和北西向张扭性断裂切割,这些构造具有活动性,成为区域岩溶发育的主要通道和水文地质边界。

3. 岩溶水系统形成模式与华北地区不同。作为隐伏岩溶区,碳酸盐岩裸露面积仅占全区面积的 7.5%,大气降水的直接入渗补给很小,地下水的主要补给是来自北部碎屑岩区外源地表水的渗漏,占补给总量达 79%,这与山西高原裸露岩溶区明显不同;在岩溶地下水的排泄方面,沿山前断裂出露的泉水仅排泄部分补给量,均为非全排型泉,有相当补给量转入地下,形成中低温热水。

4. 根据勘探及水化学同位素研究,本区岩溶水系统由北向南可分为:

(1) 浅循环常温岩溶水系统

主要为北部的裸露山区、残塬丘陵区、山前浅覆盖区。由于基岩裸露或埋藏较浅,直接受河流渗漏及大气降水入渗补给,循环途径短,地下水为常温,水化学元素为低矿化常量元素组合,同位素测定多为现代水。

岩溶水系统在东西方向上形成了几个相对独立的泉域,如筛珠洞泉域、周公庙泉域、水沟泉域,各泉域的边界、分布范围及泉水的出露地点大都受断裂构造控制,均属山前断裂溢流泉,在地貌上出露于北山山前部位。由于在山前大断裂南侧的弱透水松散层阻水,地下水受阻溢流

成泉,大多为非全排型泉水。

(2) 深循环中低温热水岩溶水系统

主要指南部的黄土台塬区,基岩埋深 600~1 000 m,不仅有第四系盖层,而且有第三系盖层。区域大断层是热源通道,而第三系红色泥岩为良好的盖层,碳酸盐岩在热水及混合溶蚀作用下,岩溶发育深度大,成为良好的热储层。岩溶热水层组的富水性很强,但极不均一。地下水温度为 40~48℃,¹⁴C 年龄为 8 000~10 000 年。

5. 首次对本区岩溶地下水资源进行了全面系统的评价并圈定了富水地段和水源地勘探靶区。

在查明岩溶水文地质条件并建立水资源概念模型的基础上,开展了大量的水文测流、长期观测、小流域试验等工作,利用均衡方法、数值计算、频率计算及模糊数学等方法对本区岩溶地下水的天然资源量、可采资源量及水质进行了全面评价。

6. 首次对黄土塬隐伏岩溶区低温地热系统形成及地热资源潜力进行了研究和评估,初步圈定了面积约 1 000 km² 的低温对流型岩溶地热田。

近年的实践证明,上述成果对西北地区,特别是鄂尔多斯盆地岩溶水的开发利用具有重要指导作用,对丰富我国岩溶及岩溶水文地质学理论也有重要意义。

本书是在韩行瑞研究员统一指导下编写的。其中前言、第一章 1、2、3、6 节由韩行瑞编写,第 4 节由梁永平编写,第 5 节由刘德深编写;第二章第 1、4 节由韩行瑞编写,第 2 节由梁永平编写,第 3 节由刘德深编写;第三章第 1、2、3、4、5、6 节由梁永平编写,第 4 节由刘德深编写,第 7 节由唐健生、梁永平编写,第 8 节由韩行瑞编写,第 9 节由时坚编写;第四章第 1、2 节由韩行瑞、王濯凝编写,刘方、李峰、李益朝参加了研究工作。第六章由韩行瑞、王濯凝编写,全书最后由韩行瑞审定。

在本书编写过程中,袁道先院士、崔光中教授及陕西地矿局王德潜总工、佟永贺高工等提出了宝贵意见。在研究工作中,陕西省地勘局、陕西第一水文地质队、第二水文地质队都给予了大力支持。此外,张宗祜院士、卢耀如院士、段永候教授级高工、岑嘉法教授级高工、李烈荣教授级高工、辛奎德教授级高工,给予热情的指导,在此一并致谢。

目 录

第一章 自然环境特征

第一节 地形、地貌	(1)
第二节 气象、水文	(3)
第三节 生态环境特征	(5)
第四节 地层岩性	(6)
第五节 地质构造	(14)
第六节 经济发展概况	(19)

第二章 岩溶发育特征

第一节 岩溶景观及形态特征	(20)
第二节 岩溶发育的影响因素分析	(21)
第三节 裂谷构造的形成与岩溶发育关系	(29)
第四节 岩溶发育史及古岩溶	(35)

第三章 岩溶水文地质条件

第一节 区域水文地质条件概述	(41)
第二节 岩溶裂隙含水层含水岩组划分	(42)
第三节 岩溶含水介质特征	(44)
第四节 裂谷构造对岩溶水分布的控制作用	(46)
第五节 岩溶裂隙地下水系统划分	(52)
第六节 中部系统重点泉域的地下水补、径、排特征	(65)
第七节 岩溶裂隙水水化学及同位素特征	(74)
第八节 岩溶地下水形成模式	(80)
第九节 岩溶水动态特征	(82)

第四章 岩溶地下水资源评价

第一节 区域岩溶地下水天然资源量评价	(83)
第二节 筛珠洞泉域岩溶地下水资源的数值模拟计算与评价	(98)
第三节 区域岩溶地下水可采资源评价	(111)
第四节 岩溶地下水水质分类评价	(114)

第五章 渭西北部黄土塬隐伏岩溶地下水合理开发利用

第一节 水源地靶区勘探开发方式	(119)
第二节 缺水低山丘陵区找水定井方向及靶区	(123)
第三节 隐伏岩溶区龙岩寺泉域—羊毛湾水库灌区地表水与地下水联合调度可行性研究	(129)
第四节 大规模开发岩溶地下水的环境效应	(134)

第六章 岩溶地热系统的形成及地热资源潜力评估

第一节 地热系统的地质构造背景及热源分析	(137)
第二节 热田热水对流条件	(140)
第三节 热田温度场及热储岩层热性能	(144)
第四节 地球化学温标及热储温度	(146)
第五节 热田地热资源评估及勘探开发前景	(147)

主要参考文献

图版

第一章 自然环境特征

第一节 地形、地貌

陕西渭北黄土塬隐伏岩溶区系指陕西境内渭河以北的黄土塬区及北部低山丘陵区的半裸露和隐伏岩溶区。根据岩溶区的分布情况可分为三段：东段为三原至黄河段；中段为三原至凤翔段；西段为凤翔至陇县段(图 1-1)。

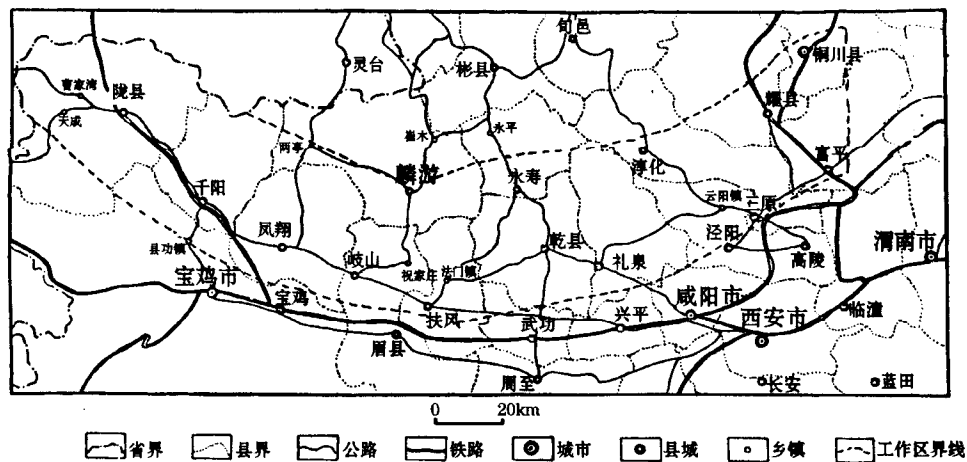


图 1-1 陕西渭北西部黄土塬隐伏岩溶区地下水研究区交通位置图

本项目的研究范围为中段和西段(统称西部),即东自三原至陇县的半裸露岩溶低山丘陵区及黄土塬隐伏岩溶区。其中重点是中段,即三原至凤翔段。工作区面积约 6 000 km²,裸露基岩面积约 600 km²,其中裸露碳酸盐岩面积仅为 450 km² 左右,约占全区面积的 7.5%,大部分地区为黄土覆盖的隐伏岩溶区。

工作区位于渭河裂谷盆地的北侧,自北向南地貌呈阶梯状下降。地貌景观受控于裂谷构造的结构特征与活动性。

区内地貌由北而南可分为三大地貌类型(图 1-2)。

(一)低山丘陵区

沿工作区北部呈北东东向分布,统称北山区,由景福山、崛北、瓦罐岭、五峰山、钻天岭、嵯峨山、将军山等基岩断块山地和其间的黄土丘陵组成。基岩山地由古生代碳酸盐岩及碎屑岩组成,总体呈北东东向断续排列,海拔 1 300~1 670 m,相对高度 500~800 m。山脊平缓,有时见有古溶蚀洼地。山岭往往南陡北缓,北侧向陕北黄土高原逐渐过渡,南侧则常以断层崖与山前洪积扇及残塬接触,泾河等河流由北而南切割北山形成峡谷。

丘陵区主要分布在上述断块山之间的广大北山区。地面标高 700~1 300 m。上部多为黄土覆盖,下伏为碳酸盐岩或碎屑岩。在形态上表现为梁、峁、残塬及树枝状冲沟。在深切沟谷中往往切出碳酸盐岩,并发育裂隙状溶洞,成为沟谷地表水的入渗通道。分布与乾县、礼泉北部及耀县的陈炉、石柱一带的丘陵区,面积广大,上覆黄土厚几十米至上百米,下伏基岩为下古生界

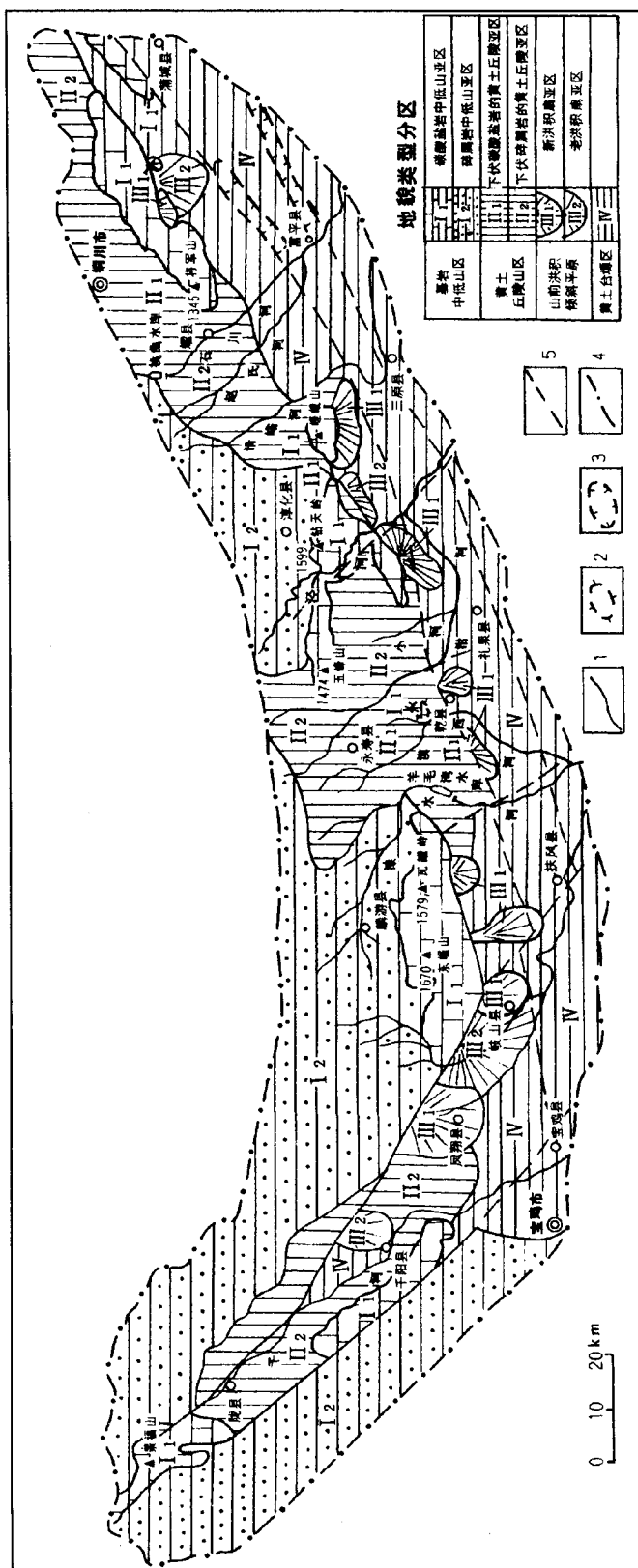


图 1-2 陕西渭西北部地貌略图

1. 分区界线; 2. 基岩残山; 3. 洼地; 4. 边界; 5. 隐伏断层

碳酸盐岩,为北部低山丘陵区内的隐伏岩溶区,这些地区往往与北西向的断裂构造有关。

(二)山前洪积扇区

大面积分布于北山山前,与北部山前的断崖相连。前后缘高差多在几十米,有时上百米。其中包括2~5级老洪积扇及较新的洪积锥和一级新洪积扇。老洪积扇在本区呈带状分布于北山前,组成物质上部为厚几十米至百米的黄土层,下部为厚百余米的含泥砂砾石层夹漂石。

新洪积扇多分布在凤翔、岐山一带。扇面形态明显,组成物质为含泥砂砾石层,多直接出露于地表,叠置在老洪积扇之上。

(三)黄土塬区

黄土塬分布于低山丘陵区及山前洪积扇以南。塬面地形平坦,并向渭河方向缓倾。受裂谷构造的控制,研究区内可分为两级黄土塬。较高二级黄土塬分布在 F_2 大断层(乾县—富平—禹门口断裂)以北,呈北东东向条带状分布,地面标高600~700 m,南北宽10~20 km,基岩埋深600~1 000 m;一级黄土塬分布在 F_1 大断层(礼泉—双泉—临猗断裂)与 F_2 大断层之间,南北宽10~25 km,扶风、礼泉、三原、富平及蒲城各县城均在此塬之上。基岩埋深大多在1 000 m以上,在一级黄土塬以南即为渭河冲积平原。各地貌单元之间均以明显的陡坎为界,反映出基底构造的活动性。

第二节 气象、水文

本区属于温带半干旱气候,有春暖干燥、秋季较湿润、冬冷少雪的特点。多年平均气温约为9~13℃,多年平均降水量约535 mm(根据乾县、千阳、阡东、好畤河等19个雨量站资料),多年平均蒸发量约1 167.45 mm(根据1958—1987年千阳、好畤河、张家山等5个蒸发量观测站资料)。据乾县气象站资料,1961—1980年多年平均降雨量538 mm,较前10年(1953—1972年)减少了5%,并大体具有10年、4~5年等不同周期的变化。极丰、枯水年降水比值为2.65,旱年数较多,约相当于丰、平水年两者之和。在连续旱年期间,河、库水量减少,明显控制着岩溶水的动态规律。年降水量多集中于每年7、8、9月。全年以小到中雨居多,对浅埋地下水的形成较为有利,少数暴雨见于夏季。多年平均水面蒸发1 334 mm,潮湿系数0.39,湿度不足。在旱年或旱季尤为干燥。乾县降雨及各气象要素多年平均逐月变化如图1-3、图1-4。

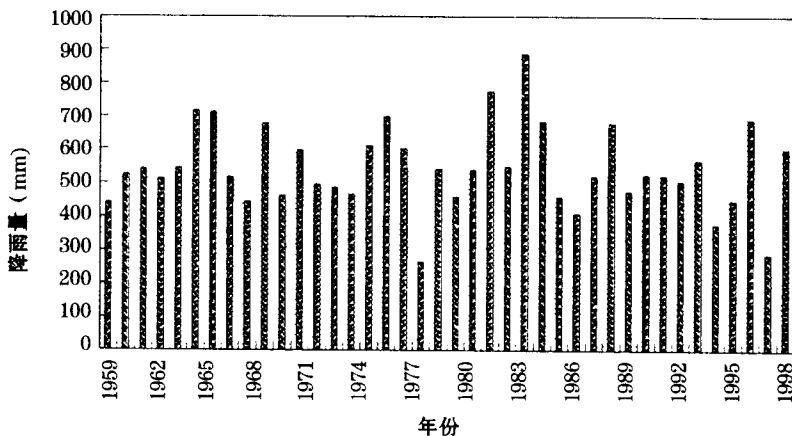


图1-3 乾县降雨量柱状图

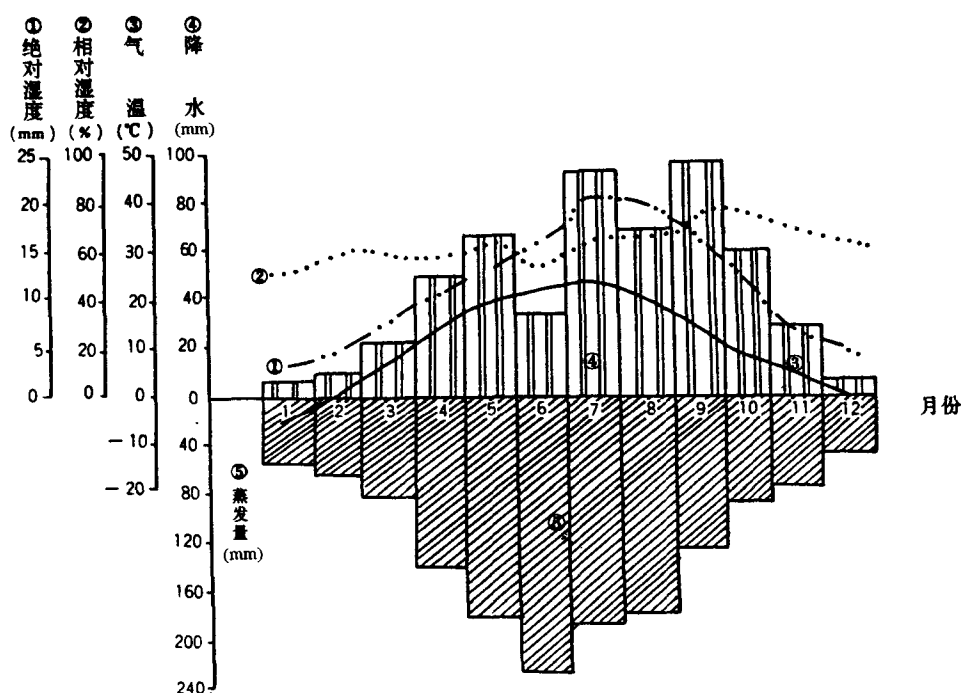


图 1-4 乾县各个气象要素多年平均逐月分配曲线图(1961—1980)

从全区来看,北部山区降水量可达650 mm,略大于南部黄土台塬区,年平均气温较南部黄土台塬区低2~3℃。西部丘陵山区降水量略大于东部,但年平均气温较东部略低。区内水系(图1-2)属渭河流域。泾河、漆水河、千阳河、石川河为研究区一级支流;泔河、漠西河为二级支流;三级支流是间歇式排洪沟谷,有小河、洞子沟、庄河沟等(表1-1)。水系大都呈树枝状,局部呈折线状,主流自北向南或自北西向东南。全区地表水径流模数1.6~1.8 L/s·km²,径流深仅35~55 mm,径流系数0.07~0.15。除泾河外其他河流都修建水库,主要水库有漆水河羊毛湾水库,库容7 300万m³,泔河杨家河水库1 500万m³,漠西河乾陵水库620万m³,小河水库100万m³,1976年因塌方形成泔河红崖水库约100余万方等。因水库拦截,下游河道常年断流。上述河流水库等对地下水的形成尤其是对岩溶水的补给意义甚大。区内主要河流水文特征如下表1-1所示。

表 1-1 河流水文特征表

河流名称	测站	流域面积 (km ²)	多年平均径流量 (亿 m ³)	多年平均流量 (m ³ /s)	备注
泾河	张家山	43 216	19.4	16.5	过境河
漆水河	龙岩寺	1 133	0.86	2.7	过境河
漠西河		189	0.11	0.34	过境河
注泔河		56	0.03	0.09	区内河
小河		169	0.08	0.25	区内河
庄河沟		45	0.02	0.71	过境河
泔河		428	0.22	0.06	区内河
洞子沟		37	0.02	0.06	区内河
石川河		1 040	0.167 5		过境河

第三节 生态环境特征

(一) 土壤

本区处于黄土高原和渭河谷地的过渡地带。黄土覆盖面积占全区面积90%以上,而基岩面积不足10%。

根据全国土壤地理分区,本区属于黄土高原钙质始成土区,土壤具有淡色腐殖质层,有机质含量仅1.0%左右,在土壤剖面下部(50~100 cm),有钙积层或软粉状石灰聚集层, CaCO_3 含量可达10%~20%。总的看来,与一般土壤具有明显的发生层次(包括腐殖质层、淋滤黏化层和沉积层)不同,黄土层的剖面分层不够明显。主要原因是边沉积边土壤化,连续沉积和连续的淋溶、淀积,形成不具成层性的黏化层和淀积层。腐殖质层厚度也随粉尘堆积而不断增大,并多分解消失。虽然黄土的黏化层和淀积层不清楚,但淀积和黏化现象还是明显的,大量次生 CaCO_3 薄膜和结核就是沉积的产物。

黄土中普遍夹有多层棕红色的古土壤层。古土壤和现代土壤剖面相比较,能分出四个明显的发生层段。即自上而下第一层段为腐殖层;第二层段为黏化层;第三层段为富含碳酸盐的钙质淀积层;第四层段为黄土质层。这说明古土壤层与黄土的形成环境不同。

(二) 植被

渭北黄土塬区,较为完整宽广,多为旱作农业区,主要作物为小麦、玉米、油菜和苹果。本区是我国苹果品质最佳的优质气候区之一,目前已形成优质苹果生产基地。

北山地区,因水土流失严重,目前多建成人工林场,以阔叶林和针叶林混交林及灌木为主。

根据孙建中、赵景波的研究,黄土中 CaCO_3 存在形式差异,反映土壤类型和形成气候的差异。以 CaCO_3 结核、结核层形成出现的土壤淀积层,发育在年平均降水量450~500 mm以上的地区,以 CaCO_3 薄膜、斑点和假菌形式出现的土壤淀积层,发育在年平均降水量450 mm以下的地区,石膏淀积层形成在年平均降水量200 mm以下地区。西安地区,黄土中可见许多 CaCO_3 结核,光性黏土发育较弱,推测这一地区黄土形成时的年平均降水量在450~550 mm之间,为半干旱的森林草原区。

本区黄土中的 CaCO_3 存在形式为既有很多 CaCO_3 结核,也有 CaCO_3 薄膜、斑点,但无石膏。因此,本区黄土形成时的年平均降水量应在450~500 mm之间,为半干旱的稀树草原区。

(三) 水土流失

本区北部北山区是黄土的强度侵蚀区,年侵蚀量4 000~1 000 t/km²。由于植被破坏,地形较陡,沟谷发育,黄土区多以残塬形式存在,水土流失严重,使山区水库严重淤积。

黄土塬区属中度侵蚀区,年侵蚀量为1 000~4 000 t/km²。侵蚀作用发生在沟、河谷两侧,塬区尚保存较好(图1-5)。

本区水土流失的主要原因是人为因素,北山是本区的屏障,不合理的耕种,原始植被,特别是森林被破坏,使黄土失去了保护作用。因此,北山区应封山育林,现有的耕作区应加强梯田建设。从作物种类上,以林果业代替粮食作物。

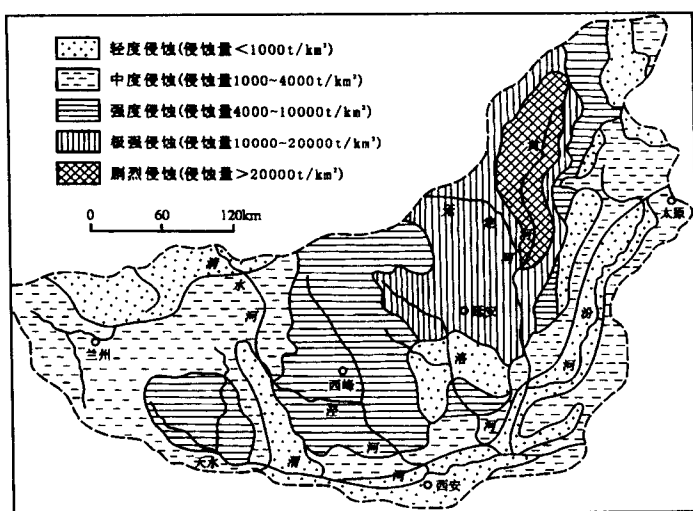


图 1-5 黄土高原侵蚀强度分布图(据陈水宗等,1988)

第四节 地层岩性

一、地层概述

研究区位于华北地台的西南缘,南邻秦岭地槽,特殊的大地构造位置,使得研究区内岩性、岩相十分复杂。为此,在研究中除了对重点的碳酸盐岩地层进行实测外,还与邻区地层进行了对比。区内除太古界、中下元古界无出露及古生界志留、泥盆、石炭系缺失外,其他各时代地层均有出露。受鄂尔多斯向斜盆地的控制,在北山山前断裂以北,前新生代地层总体上从南向北依老到新排列。渭河谷地内新生代地层相当发育,最大沉积厚度在 5 000 m 以上,黄土广泛分布于渭河谷地及北山。现将区内各层分述如下:

(一)中上元古界蓟县系(Pt)

包括了龙家园组、巡检司组、杜关组及冯家湾组,分布于陇县景福山、千阳清凉山、岐山太白山等地。岩性主要为深灰—灰白色中厚层状燧石条带或团块中晶(具镶嵌结构或环带结构)白云岩,下部偶见砾岩透镜体。其中见大量叠层石生物群,沿叠层石各层由于硅质成分较多,风化后清晰地突出岩石表面。在千阳、陇县地区地层出露厚度为 500~700 m,在岐山则大于 2 000 m。

(二)寒武系(Є)

寒武系主要分布于西部景福山、周家渠、千阳白庙,岐山周公庙到曹家沟,漆水河及泾河口西侧。上寒武统以细粒陆源碎屑间夹碳酸盐岩为主,中寒武统张下组为巨厚的碳酸盐岩,在岐山崛山沟厚度在 600 m 以上,下寒武统则以碎屑岩间夹碳酸盐岩为主。地层层组发育完全可与华北地台对比。

1. 辛集组(ϵ_1x):主要分布于岐山以西的千阳、陇县一带,系含磷岩系,为浅灰紫色略带浅粉红色中—薄层含磷砂岩和黑色、紫灰色、黄灰色沙质磷块岩组成。总体上西厚东薄,在陇县为 42 m,在岐山不足 10 m,岐山以东消失。

2. 昌平组 (ϵ_{1c}): 出露于岐山北山、千阳陇县及漆水河口, 为灰—深灰色厚层状白云质灰岩, 局部夹有结晶灰岩。厚度变化较大, 陇县水眼沟 62 m, 周家渠仅 8 m, 而在漆水河则大于 100 m。

3. 馒头组 (ϵ_{1m}): 广泛分布于千阳、陇县、岐山北山, 在漆水河口, 在泾河口西侧也有部分出露。岩性为紫红色页岩, 浅灰紫、土黄、浅粉红色泥灰岩与紫红色页岩互层, 在漆水河口为紫灰色千枚状板岩夹石英砂岩及千枚状粉砂质板岩夹泥灰岩。厚度 45~86 m。

4. 毛庄组 (ϵ_{1m}): 与馒头组分布一致, 西部陇县为暗紫、紫灰色页岩夹生屑灰岩或鲕粒灰岩, 在岐山涝川李家沟主要为褐红色中厚层状泥斑鲕粒灰岩, 厚度 42~71 m。

毛庄组 (ϵ_{1m}) 涝川李家沟剖面 (厚度 71.75 m):

上覆徐庄组为紫红、黄绿色页岩及泥灰岩。

②棕黄、肉红色厚层状泥斑鲕粒灰岩, 鲕粒具放射状并有变形拉长现象, 厚 63.00 m;

①灰色、紫红色粉砂质页岩, 厚 8.75 m。

下伏馒头组为浅紫红色页岩及土黄色泥灰岩。

5. 徐庄组 (ϵ_{2x}): 分布于陇县、千阳、岐山、漆水河口、泾河口, 嵯峨山前也见有少量出露, 为暗紫、紫红、黄绿色页岩夹白云岩, 下部为粉砂质页岩夹结晶灰岩或泥灰岩, 厚 110~130 m。

6. 张夏组 (ϵ_{2z}): 分布与徐庄组一致, 岩性在东部泾河口主要为灰黑色厚层—块状中粗晶白云岩间夹一层 25 m 厚鲕粒灰岩; 在中部嵯山沟上部为灰黑色厚—巨厚层中粉晶灰质 (或含灰质) 白云岩, 水平纹层局部发育, 锤击气味发臭, 中下部为灰—灰白色中厚层状中粉晶白云岩及少量重结晶灰岩, 下部为灰—深灰色厚层状粉晶白云岩、含灰质白云岩, 残余砂屑结构。西部陇县周家渠主要为灰、深灰色厚层—块状结晶灰岩及鲕粒灰岩。中部嵯山沟张夏组实测剖面如图 1-6。

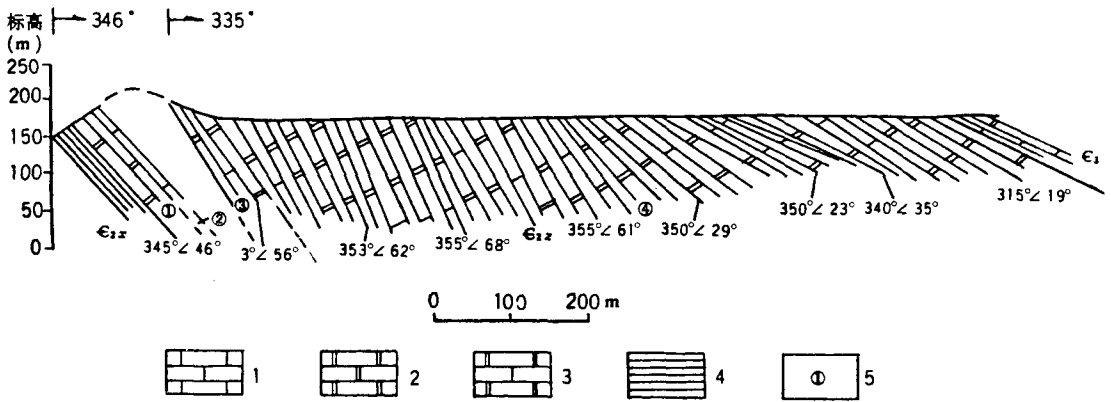


图 1-6 嵯山沟寒武系张夏组实测剖面图

1. 灰岩; 2. 白云岩; 3. 含灰质白云岩; 4. 页岩; 5. 分层号

该剖面的岩性结构为:

上覆上寒武薄板状—薄层灰黑色细晶含灰质白云岩;

①灰黑色厚—巨厚层中—细晶含灰质白云岩、白云岩, 残余团粒结构、镶嵌结构, 锤击气味发臭, 局部层段水平纹层发育, 厚 557.59 m;

③白—灰白色中厚层状中粉晶含灰质白云岩、细晶灰岩, 厚 36.05 m;

②灰—浅灰色厚层状白云质重结晶灰岩,颜色从下向上变浅,厚12.38 m;

①灰—深灰色厚层泥粉晶白云岩、含灰质白云岩,残余砂屑结构,厚21.19 m。

下伏徐庄组为紫红—灰绿色页岩夹白云岩。

总体上区内张夏组岩性由西向东灰质含量减少,白云质含量增加,厚度以中部岐山最厚,在泾河及陇县周家渠厚度不足250 m。

7. 上寒武统(ϵ_3)

上寒武统主要分布于陇县、千阳、岐山、扶风北山、漆水河及泾河口,岩性在西部主要为紫红色砂屑灰岩、白云质灰岩及页岩,厚210~250 m;在岐山大石沟至周公庙:上部为土黄色泥云岩或钙质泥岩,中部为含灰质云岩及少量鲕粒灰岩、黄绿色页岩夹泥斑鲕粒灰岩,中部二郎沟中见浅灰色砂岩与黄绿色页岩互层,下部为薄层泥质条带灰岩。中下部在大石沟以西漆水河一带消失。东部泾河西侧为薄层泥质白云岩,厚度不足20 m,上寒武统以岐山一带发育最厚(510 m)且岩性复杂。漆水河及嵎山沟实测剖面如下:

(1)漆水河上寒武统(厚147.45 m):

上覆下奥陶统中厚层状燧石团块或条带白云岩

④土黄色中薄层泥云岩,厚24.42 m;

③灰白色中—厚层状中晶白云岩,厚23.76 m;

②土黄色厚层状—巨厚层状泥灰岩或灰泥岩夹厚层白云岩,厚36.72 m;

①土黄色及一层玫瑰红色中厚层状云泥岩,部分地段覆盖,厚65.55 m。

(2)嵎山沟上寒武统底部剖面:

④灰色、土黄色铁云质泥岩夹厚层灰岩,厚44.61 m;

③黄绿、灰色泥质条带灰岩、泥云岩夹不连续的燧石条带灰岩,其中见一层1.5 m厚的含砾泥岩(砾石成分为纯灰岩),厚42.60 m;

②灰黑色厚—巨厚层含灰质白云岩,厚20.48 m;

①灰黑色薄板—薄层细晶含灰质云岩,水平纹层发育,厚15.79 m。

下伏张夏组厚—巨厚层含灰质白云岩。

综观整个寒武系,岩性从滨海相含磷建造、碎屑岩建造过渡到中统张夏组巨厚层的碳酸盐岩,再到泥质成分占一定比例的上寒武统,代表了华北地台南缘的一次历时长而且比较典型的海侵海退过程。

(三)奥陶系

区内奥陶系分布广泛,为一套滨海相碳酸盐岩建造。根据西北地层表等资料将本区地层划分为:下奥陶统水泉岭组、中奥陶统三道沟组、中奥陶统平凉组 and 上奥陶统唐王岭组(也叫背锅山组)。各层组与邻区对比如表1-2。

1、奥陶系下统水泉岭组(O_1):广泛出露于嵯峨山以西地区。在泾河一带上部为深灰色细晶白云岩夹薄层角砾岩、泥质页岩,中部为含生屑泥晶灰岩和深灰、黄褐色泥质条带微晶白云岩,下部为浅—深灰色、黄褐色、紫红色细—粗晶白云岩夹燧石条带;在漆水河到周公庙区岩性及厚度较稳定,下部为灰白色厚层状燧石团块或条带白云岩偶夹泥灰岩,中部为薄层云泥岩或泥岩与中厚层状白云岩互层,上部为灰白、肉红色中厚层状泥晶灰岩夹泥灰岩,厚度95 m;西部千阳、陇县区基本与岐山一带一致,但在下部见有砾屑灰岩。总体上区内下奥陶统东厚西薄,但本次工作除在中部地段从岩性上做过工作外,东部泾河及西部千陇区均采用前人资料,特别是在泾河区的划分我们认为尚存在一定问题。

表 1-2 邻区奥陶系地层对比表

地区			桌子山			贺兰山			西北地层表			渭北东部			山西			本项目		
上覆地层			上石炭统			上石炭统			中石炭统			中石炭统			中石炭统			二叠系		
奥陶系	陶系	上统	背锅山组		?					?					背锅山组	背锅山组				唐王岭组
		中统	平凉组	平凉组上部		蛇山组		公乌素组		樱桃沟组上部		段家峡组		平凉组						平凉组
				平凉组下部		拉什仲组		樱桃沟组下部		平凉组										
				乌拉力克组																
		统	马家沟组	马五、马六	克里摩里组		马家沟组		三道沟组		峰峰组		峰峰组		三道沟组					
				马三、马四	桌子山组						上马家沟组		上马家沟组							
				马一、马二	三道坎组						下马家沟组		下马家沟组							
		下统	亮甲山组				亮甲山组		水泉岭组		亮甲山组		亮甲山组		水泉岭组					
			冶里组				冶里组				冶里组		冶里组							
下伏地层			上寒武统 凤山组			上寒武统 凤山组			上寒武统 崮山组			上寒武统 凤山组			上寒武统 凤山组			上寒武统		
资料来源			冯增昭			冯增昭			西北地层表 陕西分册			陕西二水			山西区调队			本次工作		

2. 奥陶系中统三道沟组(O_2s): 广泛分布于研究区内, 大致以耀西拗陷为界, 东部定名为上下马家沟组及峰峰组, 而西部则统称三道沟组。由于两区奥陶系在岩性及岩层组合特征上存在明显的差异, 故本次工作在地层的定名时不力求要与山西及东部地区保持一致, 以示区别。耀西拗陷以东为一套碳酸盐岩与硫酸盐岩混合建造, 存在有三个典型的从含膏泥灰岩或泥云岩到纯碳酸盐岩相间出现的岩性组合特征, 也即所谓的“三组六段”, 而西部则为巨厚连续沉积的碳酸盐岩, 岩性组合特征上可分为两段, 现分述如下:

(1) 三道沟组下段(O_{2s}^1): 东部泾河区为浅灰、灰白、肉红色厚层状泥晶灰岩, 砾屑、砂屑灰岩; 西部崛山沟上部为灰黑色厚层状微细晶含灰质白云岩、白云岩, 中下部为含铁泥质斑块的亮晶砂屑含云灰岩和乳灰白色厚层泥晶灰岩, 下部为乳灰白色灰岩夹薄层泥灰岩, 底部为一层泥云岩。厚度在泾河一带超过千米, 向西至崛山沟为 615 m, 到千阳陇县则不足 300 m。

(2) 三道沟组上段(O_{2s}^2): 为灰绿色铁质泥岩、泥灰岩与砾砂屑泥晶灰岩互层, 中部为中厚层状夹薄层白云质灰岩夹薄层泥岩、含泥质灰岩, 下部为灰黑色中薄层含泥质细晶白云岩, 水平纹层发育。厚度 200~1 000 m, 东厚西薄。

三道沟组崛山沟实测剖面如下(图 1-7):

1. 三道沟组上段(O_{2s}^2), 厚 385.78 m

上覆平凉组黄绿色粉砂质页岩, 为断层接触关系, 断层与地层产状平行且近于直立。

⑮灰黑色块状砾、砂屑泥晶灰岩, 厚 15.10 m;

⑭灰、灰绿色薄层泥岩、泥灰岩夹巨厚层状含云灰岩、含铁质白云质灰岩, 其中见一层硅质岩及 5 cm 厚的腕足类化石层, 厚 55.53 m;

⑬灰黑色中层白云质灰岩夹薄层泥岩、粉砂质泥岩；薄层含泥质灰岩、白云岩，局部见燧石条带，中间共有6层粉红、紫红色泥页岩，厚144.25 m；

⑫浅灰色厚—巨厚层状粉细晶含灰质白云岩，厚38.35 m；

⑪浅灰色薄层夹厚层白云质灰岩，厚29.34 m；

⑩浅灰色厚—巨厚层状白云质灰岩，其中见一层50 cm厚灰色页岩，厚21.06 m；

⑨黑色薄层碳质粉细晶白云岩、铁质泥岩，厚4.12 m；

⑧灰黑色薄层粉晶灰质云岩，厚9.47 m；

⑦构造破碎带，为大小不等的角砾岩组成，厚24.27 m；

⑥灰黑色中薄层细粉晶含灰质云岩，水平纹层发育，厚44.29 m；

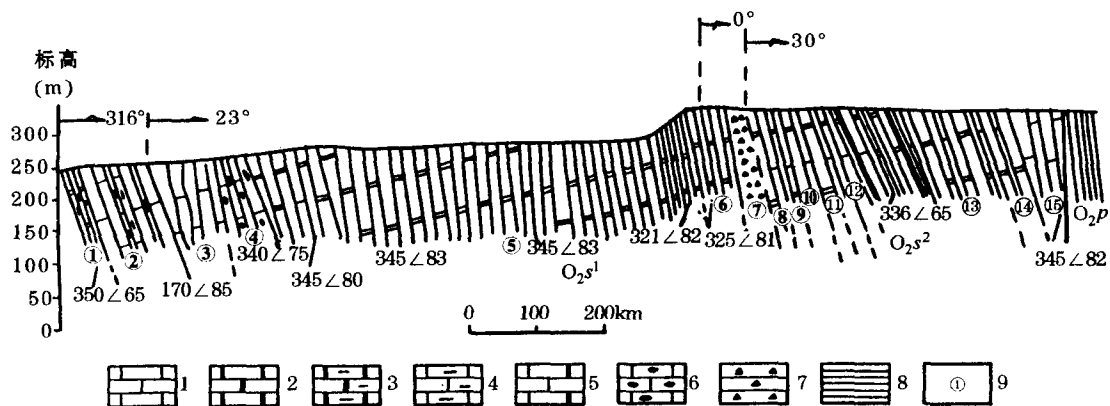


图 1-7 岐山嵎山沟中奥陶统三道沟组实测剖面

1. 灰岩; 2. 白云岩; 3. 泥质白云岩; 4. 泥灰岩; 5. 含灰质白云岩; 6. 泥斑灰岩; 7. 构造角砾岩; 8. 页岩; 9. 分层号

2. 三道沟组下段(O_{2s}^1), 厚615.33 m

⑤灰黑色厚层状细晶含灰质云岩，不同层段具残余内碎屑结构、斑状结构，有白云石晶体切入灰岩的现象，锤击后气味发臭，厚440.34 m；

④灰色中厚层状含铁泥质斑块灰岩及亮晶砂屑含云灰岩，厚19.21 m；

③乳白色中厚层状泥晶灰岩，缝合线发育，沿缝合线有溶蚀现象，厚33.26 m；

②乳白色中厚层状灰岩夹薄层泥灰岩，灰岩具不均匀重结晶现象，厚116.64 m；

①浅灰色薄层含云泥岩，厚15.10 m。

与下伏水泉岭组成假整合接触。

3、奥陶系中统平凉组(O_{2p})：区内广泛出露，为灰绿、黄绿色页岩夹薄层紫红色粉砂岩，间夹泥灰岩，东部富平一带底部为夹燧石条带的薄层灰岩，在瓦罐岭及漆水河一带底部见杂色同生砾岩，厚800~1855 m。

4、奥陶系上统唐王岭组(O_{3t})：主要出露分布于泾河以西，东部仅见于桃曲坡水库附近。岩性主要为灰、灰绿、紫红色含砾泥岩与白云质胶结的硅质角砾岩互层，砾石成分向上增多，下部为灰绿色页岩夹薄层砂岩，底部为硅质团块白云岩(西薄东厚)。唐王岭组以唐王岭一带发育最典型，向东西均变薄，有些地段缺少上部砾岩沉积。

由上述奥陶系的岩性特征可看出，在早、中奥陶世的地层岩性为一套碳酸盐岩，保持了与华北地台主体的相似性，但有其特有的特点，特别到中、晚奥陶世，情况已发生了截然不同的