

渭北岩溶水及其开发的 环境地质效应

WEIBEI YANRONGSHUI JIQI KAIFA DE HUANJING DIZHI XIAOYING

王 兴 王少彬·著

陕西新华出版传媒集团

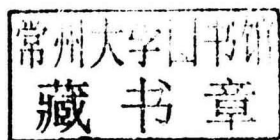


陕西科学技术出版社

Shaanxi Science and Technology Press

渭北岩溶水及其开发的 环境地质效应

王 兴 王少彬 著



陕西新华出版传媒集团
陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

渭北岩溶水及其开发的环境地质效应 / 王兴, 王少彬著. -- 西安: 陕西科学技术出版社, 2017.5

ISBN 978- 7- 5369- 6944- 5

I. ①渭... II. ①王... III. ①岩溶水—水文地质—地质环境—陕西 IV. ①P641.134

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 070314 号

渭北岩溶水及其开发的环境地质效应

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
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	陕西天地印刷有限公司
规 格	787mm× 1092mm 16 开本
印 张	26
字 数	445 千字
版 次	2017 年 5 月第 1 版
	2017 年 5 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978- 7- 5369- 6944- 5
定 价	68.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

《渭北岩溶水及其开发的环境地质效应》一书,是作者在广泛总结了陕西渭北地区半个多世纪以来所积累的水文、物探、地质工作成果,尤其是 20 世纪 90 年代以来矿井水文、煤田勘查、油气勘探、供水水文地质以及地热钻井成果、研究报告等基础上,对渭北碳酸盐岩地层岩溶发育程度进行系统分析、综合评价后,完成的一部比较完整的专业成果。

渭北地区下古生界是我国华北地区发育相对完整的一个特殊区域,其岩性、岩相及沉积环境等都比较复杂。深入研究这些地层并进一步划分对比,对研究华北下古生界具有一定意义,对研究渭北地区下古生界及其富水性更具有重要意义。本书依据陕西省煤田地质系统历年来的勘查及研究成果,以原陕西省地矿局 1989 年《陕西省区域地质志》的地层、构造方案为基础,借鉴近年来石油系统的一些新成果,以及一些院校、科研机构及相关学者的成果和文献,结合矿井资料,并对部分区段进行补充调查及采样分析,对渭北下古生界碳酸盐岩的层序、岩性特征、岩相组合以及岩溶发育规律等进行了系统总结。同时,也了解了岩溶含水层在垂向上与横向上的变化及水文地质特征,初步建立了渭北地区下古生界及碳酸盐岩剖面。

通过系统分析和研究,明确了渭北地区岩溶地下水的水文地质条件、边界条件、控水因素等,了解了渭北地区岩溶地下水的补、径、排条件及大致补给量。并以此将渭北地区划分为千陇区、岐礼区、合耀区与韩城区 4 个水文地质单元分别进行讨论,计算出全区及各分区下古生界碳酸盐岩出露面积,初步估算了大气降水的渗入、河流流经石灰岩出露区的渗漏量、坐落在石灰岩地段的水库塘坝渗漏量及矿井水灌入情况等,认为这些都是岩溶水的主要补给来源。隆起边缘裂隙带既是补给区,又是排泄地段,形成了岩溶地下水的径流带。

依据水均衡法、储量法及数学分析方法对渭北地区岩溶水补给量、排泄量、静储量、可采储量及径流量的计算结果认为,渭北地区总体处于正平衡状态且具有一定开发潜力,但各区域差异较大,其中千陇区补排差占比 20%,处于正平衡状态,开发潜力较大;岐礼区补排差占比 46%,亦处于正平衡状态,具有一定的开发潜力;合耀区补排差占比 79%,处于平衡开采量的警戒线,需有节制地控制开发方能维持水资源及生态平衡;韩城区补排差占比已达 88%,接近平衡开采极限,如不节制开采有导致生态恶化的后果。

本书将渭北下古生界划分为 15 个含隔水性能不同的层段,并确定了 3 个强岩溶含水层段、6 个中等岩溶含水层段、3 个弱岩溶裂隙含水层段以及 3 个相对隔水层段,圈定了极强富水区、强富水区、中等富水区以及弱富水区范围,是目前关于渭北地区一部比较系统和完整的岩溶水地质资料。可供从事岩溶水文地质、地热地质及环境地质工作者和高等院校地质、水文地质类专业师生参考,也可供政府部门制定专业规划、业务管理及决策时参考。

目 录

1 绪言	1
1.1 概述	1
1.2 位置及交通	1
1.3 经济与地理	3
1.3.1 自然地理	3
1.3.2 主要水系	5
1.3.3 地区经济及水文地质条件	11
1.4 岩溶水及以往地质与水文地质工作	12
1.4.1 岩溶地下水的补给及分类	12
1.4.2 岩溶地下水的分布特征	13
1.4.3 岩溶地下水的化学特征	14
1.4.4 以往地质及水文地质工作	14
1.5 地下水资源	15
1.5.1 渭北岩溶水分布区地下水资源	15
1.5.2 地下水可采资料量	16
2 区域地质	18
2.1 区域地层	19
2.1.1 前寒武系	19
2.1.2 下古生界	22
2.1.3 上古生界	45
2.1.4 中生界	46
2.1.5 新生界	49
2.2 区域构造	52
2.2.1 地球物理场基本特征	53
2.2.2 渭北及其相邻地区构造特征	55
2.2.3 主要断裂构造	58
2.3 渭北岩溶水分布区主要构造形态	74
2.3.1 渭北地区构造划分	74
2.3.2 主要分区构造形态	74
2.3.3 渭北地区岩溶水系统	81

3 岩溶区地质	83
3.1 渭北碳酸盐岩岩石特征	83
3.1.1 石灰岩	83
3.1.2 白云岩	88
3.1.3 不同地史阶段中碳酸盐岩分布特征	92
3.2 岩溶发育地层及岩相古地理特征	93
3.2.1 渭北地区寒武系及其划分对比	93
3.2.2 渭北地区奥陶系及其划分对比	98
3.3 渭北碳酸盐岩的沉积类型及旋回结构	105
3.3.1 碳酸盐岩的沉积背景	105
3.3.2 沉积类型及其特征	107
3.3.3 碳酸盐岩的岩相旋回结构	109
3.4 岩溶含隔水层段及其特征	113
3.4.1 碳酸盐岩上覆盖层含水性	113
3.4.2 碳酸盐岩含隔水层段的划分及富水性	114
3.5 岩溶形态及其控制因素	121
3.5.1 岩溶现象及溶蚀构造	121
3.5.2 构造控水特征	127
3.5.3 主要岩溶形态	131
3.5.4 岩溶发育的基本控制因素	137
3.5.5 岩溶发育史	138
4 岩溶水文地质条件	149
4.1 渭北地区地下水类型及岩溶水系统	149
4.1.1 渭北地区地下水类型及其特征	149
4.1.2 渭北地区岩溶水系统	150
4.1.3 渭北地区岩溶水系统基本特征	157
4.1.4 渭北岩溶地下水的形成与演化	159
4.2 千陇区地下水类型及岩溶水系统	160
4.2.1 边界条件及水文地质特征	160
4.2.2 补给、径流、排泄条件	160
4.2.3 水化学特征	165
4.2.4 岩溶水的同位素特征	166
4.2.5 岩溶大泉	168
4.2.6 岩溶水富水性分区	170
4.3 岐礼区地下水类型及岩溶水系统	172
4.3.1 边界条件及水文地质特征	172
4.3.2 补给、径流、排泄条件	174

4.3.3	水化学特征	178
4.3.4	岩溶水的同位素特征	182
4.3.5	岩溶地下水的动态变化规律	188
4.3.6	岩溶大泉	192
4.3.7	岩溶水富水性分区	195
4.4	合耀区地下水类型及岩溶水系统	197
4.4.1	边界条件及水文地质特征	197
4.4.2	补给、径流、排泄条件	198
4.4.3	水化学特征	202
4.4.4	岩溶水的同位素特征	205
4.4.5	岩溶地下水的动态变化规律	213
4.4.6	岩溶大泉	218
4.4.7	岩溶水富水性分区	219
4.5	韩城区地下水类型及岩溶水系统	221
4.5.1	边界条件及水文地质特征	221
4.5.2	补给、径流、排泄条件	223
4.5.3	水化学特征	226
4.5.4	岩溶水的同位素特征	230
4.5.5	岩溶地下水动态变化规律	231
4.5.6	岩溶水富水性分区	235
5	岩溶地热水	239
5.1	以往地热地质工作及开发利用现状	239
5.1.1	以往地热地质、水文地质及物探工作	239
5.1.2	开发利用现状	241
5.2	渭北下古生界裂隙岩溶型热储特征	243
5.2.1	岩溶地热水分布区构造格架	243
5.2.2	岩溶地热水含水层结构	249
5.3	渭北下古生界裂隙岩溶型地热水特征	251
5.3.1	岩溶热储上覆浅表层水文地球化学环境	251
5.3.2	岩溶地热水发育特征	252
5.3.3	岩溶地热水动态分析	256
5.3.4	岩溶地热水水文地球化学特征	260
5.3.5	岩溶地热水的水岩作用	264
5.4	渭北下古生界裂隙岩溶地热水年龄同位素特征	269
5.4.1	氚(^3H)和碳(^{14}C)、CFC 同位素测年机理	270
5.4.2	渭北地区氚(^3H)、碳(^{14}C)同位素和氟氯烃(CFC)年龄特征	271
5.4.3	岩溶地热水同位素年龄的空间变化特征	271

5.4.4	岩溶地热水氢氧同位素特征	274
5.4.5	同位素表征的地热水储存环境特征	276
5.5	渭北裂隙岩溶地热水的形成与演化	276
5.5.1	岩溶地热水的形成	276
5.5.2	岩溶地热水分布与循环深度分析	277
5.6	岩溶地热水的水文地球化学性质评价	279
5.6.1	理疗热矿水功能评价	279
5.6.2	岩溶地热水主要矿物质理疗作用分析	281
5.6.3	岩溶地热水腐蚀性评价	283
5.7	渭北裂隙岩溶型地热水资源量	284
5.7.1	地热地质条件	284
5.7.2	地热资源评价	287
5.7.3	热储参数	288
5.7.4	地热资源量	288
5.7.5	岩溶地热水资源量	290
6	水质及水资源条件	296
6.1	渭北岩溶水水质	296
6.1.1	岩溶水水质及其变化特征	296
6.1.2	水质评价	300
6.1.3	水质污染程度及开采预测	312
6.2	渭北岩溶水资源量	314
6.2.1	岩溶水资源量计算	314
6.2.2	主要参数的确定及依据	318
6.2.3	岩溶水资源量计算结果	319
6.3	渭北岩溶水资源评价	330
6.3.1	评价内容及评价原则	330
6.3.2	岩溶水资源综合评价	331
6.3.3	岩溶水资源分布及分区	333
6.3.4	岩溶水可采资源评述	338
7	环境地质条件	340
7.1	概述	340
7.1.1	地质环境分类与渭北地区主要地质灾害	340
7.1.2	渭北地区环境水文地质现状	342
7.2	渭北地区区域地壳稳定性	344
7.2.1	主要构造带与地震分布特征	344
7.2.2	地形变场特征	345
7.2.3	现今应力场与地震活动性	347

7.2.4 垂直位移与区域构造稳定性	352
7.3 渭北地区活动构造带与地质灾害	354
7.3.1 基底及盖层构造特点	354
7.3.2 活动构造带与地质灾害	356
7.3.3 地质灾害与岩溶水关系	359
7.4 渭北岩溶水环境水文地质现状	360
7.4.1 大气降水、地表水污染现状及其污染途径	360
7.4.2 岩溶水的污染现状及污染途径	362
7.4.3 岩溶水污染物及污染因素	367
7.5 渭北未来可能引起的环境水文地质问题及对策	368
7.5.1 环境与岩溶水的影响	368
7.5.2 地下热水开发对温度环境的影响	374
7.5.3 采矿业、采石场对岩溶水环境的影响	378
7.5.4 岩溶地下水的污染防治	379
7.6 渭北岩溶地下水回灌及其影响因素	380
7.6.1 超采与回灌	380
7.6.2 深层水流场及回灌作用	382
7.6.3 主要地区回灌试验及相关成果	384
8 结束语	397
8.1 主要认识	397
8.1.1 渭北地区岩溶含水层及其划分对比	397
8.1.2 渭北裂隙岩溶水分布及其水文地质条件	397
8.1.3 渭北可溶岩富水性空间变化规律	399
8.1.4 渭北岩溶水资源赋存与开发研究工作	399
8.1.5 渭北主要矿区矿坑水的再利用	399
8.1.6 渭北岩溶水资源平衡开采	400
8.2 几点建议和意见	400
8.2.1 渭北地区岩溶水研究程度有待提高	400
8.2.2 岩溶水与地表水、浅层地下水统一规划	400
8.2.3 开发利用与资源保护同步进行	400
主要参考资料	402

1 绪言

1.1 概述

陕西省水资源贫乏,而且地域分配上极不均衡,与社会经济发展之需求亦不相协调。关中及渭北在全省社会经济中,所占比重大、水资源量小,造成严重缺水。近些年来,虽然采取了一些措施,如省内南水北调的引乾(佑河)济石(砭峪水库)工程、引渭(水河)济黑(河)工程、引红(岩河)济石(头河)工程以及引汉(江黄金峡)济渭(河黑河黄池沟)工程(陕西省环保厅等,2008),修建(周至)黑河、(蓝田)李家河、泾河(东庄)水库等项工程,也仅能缓解西安、宝鸡及其周边居民生活用水问题。解决关中北部及渭北地区对水的供求问题,对当地居民生活、生产乃至全省国民经济发展、维护地域生态平衡等,都具有重要意义。

岩溶水又称喀斯特水,是赋存于可溶性岩层的溶蚀裂隙和溶洞中的地下水。渭北地区位于我国黄土高原南缘,陕西省中部,多为低山丘陵和黄土塬区,降雨量小,且季节性强,常年干旱,限制了工、农业生产的发展,多数地区经济不发达。然而,在渭北低山丘陵以及关中盆地北部(广义的渭北地区),广泛发育有下古生界碳酸盐岩,赋存有丰富的岩溶地下水。但长期以来,由于受地方经济发展不平衡的影响,其研究程度差异比较大,专业勘查及开发程度东、西差异亦较大,尤其是渭北西部大多数地区,研究工作少有人问津,勘查工程极少,开发风险较大,生产、生活用水工程等更是少有涉及。

本书力图以作者多年来在渭北地区从事地质工作所积累的丰富资料,借鉴一些地勘单位的部分深部勘查工程、矿井资料及少量钻井工程等,对整个渭北地区碳酸盐岩地层、岩溶发育层段、溶蚀构造、埋藏深度、富水性、开发利用程度等进行系统分析和讨论,并依水文地质条件,对渭北地区岩溶水分布区进行构造划分、含水层对比、水文地质参数确定和资源量计算等;依据现行规范、规程和行业标准,对不同区域、不同含水层水质进行评价;依据深井钻探及地球物理资料,对深部构造及地壳稳定性进行分析,对岩溶水包括深部岩溶地热水开发可能引起的次生地质灾害及环境地质效应进行预测,以期寻找到合理开发和利用岩溶地下水的地质依据。

1.2 位置及交通

渭北岩溶水分布区域,位于陕西省中部、黄河最大支流渭河流域北侧,故称渭北。包括渭北山地及关中平原北侧一部分。由北西、北东、北东东及近东西向一系列低山丘陵、台塬、冲积平原组成渭河与千河、漆水河、泾河、清河、石川河、洛河等支流之间的分水岭及台塬。地貌形态包括渭北低山、丘陵区,陕北、陇东黄土高原南缘以及关中盆地北部冲积平原区。

渭北岩溶水分布范围,西起陇县千河段家峡,东至黄河龙门,南起渭河北岸,北达麟游、淳化以南,至黄河猴儿川口。地理坐标为东经 $106^{\circ}33'$ ~ $110^{\circ}06'$ 、北纬 $34^{\circ}16'$ ~ $35^{\circ}53'$,

东西长为 370.33km, 南北宽在 8.87~86.75km 之间, 面积 20766.86km²。其中, 奥陶系碳酸盐岩出露区面积 877.12km², 太古界、中 - 上元古界及寒武系变质岩、硅质白云岩等出露面积 595.07km², 构成了关中平原北部前新生界基岩山地屏障。渭北岩溶水分布区, 涉及宝鸡市陇县、千阳、凤翔、陈仓、岐山、扶风及麟游南部等区县, 咸阳市永寿、乾县、礼泉、泾阳、淳化、三原、武功、兴平、秦都及渭城北部等区县, 铜川市耀州、印台、王益及宜君南部等区县, 渭南市富平、蒲城、白水、合阳、韩城、临渭及大荔北部等区县, 杨凌示范区, 西安市高陵、阎良和临潼区北部等, 总计 6 市 31 区县域。其中, 南部渭河以北至北山以南的埋藏型岩溶地下水分布区, 主要涉及宝鸡市大部、杨凌示范区、咸阳市大部、渭南市大部及西安市高陵、阎良和临潼区北部。

渭北岩溶水分布区或通过区内的主要铁路共有 7 条干线及支线(专用线)。其中, 侯西铁路东起山西侯马, 西到陕西临潼新丰镇, 境内自韩城禹门口起, 经韩城、合阳、澄城、蒲城、富平等县至咸铜铁路阎良东站接轨, 全长 204.5km; 咸铜铁路南起陇海铁路的咸阳车站, 经高陵、三原、富平、耀州, 北至铜川, 全长 134.0km; 西延铁路南起陇海铁路的新丰镇车站, 经临潼、蒲城、澄城、白水、宜君、黄陵、洛川、富县、甘泉等县, 北至延安, 全长 334.0km; 梅七铁路南起咸铜铁路的梅家坪车站, 向西而北, 经耀州、宜君至黄陵矿区七里镇, 全长 124.0km, 线路标准属一级铁路专用线; 宝中铁路南起宝鸡, 经千阳、陇县、甘肃平凉、宁夏固原, 北至中卫, 全长 498.2km, 其中陕西省境内长 132.7km; 西平铁路南自陇海铁路茂陵站引出, 经礼泉、乾县、永寿、彬县、长武、宁县长庆桥、泾川, 至平凉市崆峒区与宝中铁路平凉南站接轨, 全长 263.1km, 其中陕西省境内长 161.3km, 国家 I 级电气化铁路; 还有新近建成通车的宝麟铁路, 南起宝中铁路二电厂站, 经陈村、庞家务、董家河、太相寺、姚家沟、涧曲、招贤、天堂, 北达麟游郭家河, 全长 83.5km, 单线电气化专线(图 1-1)。

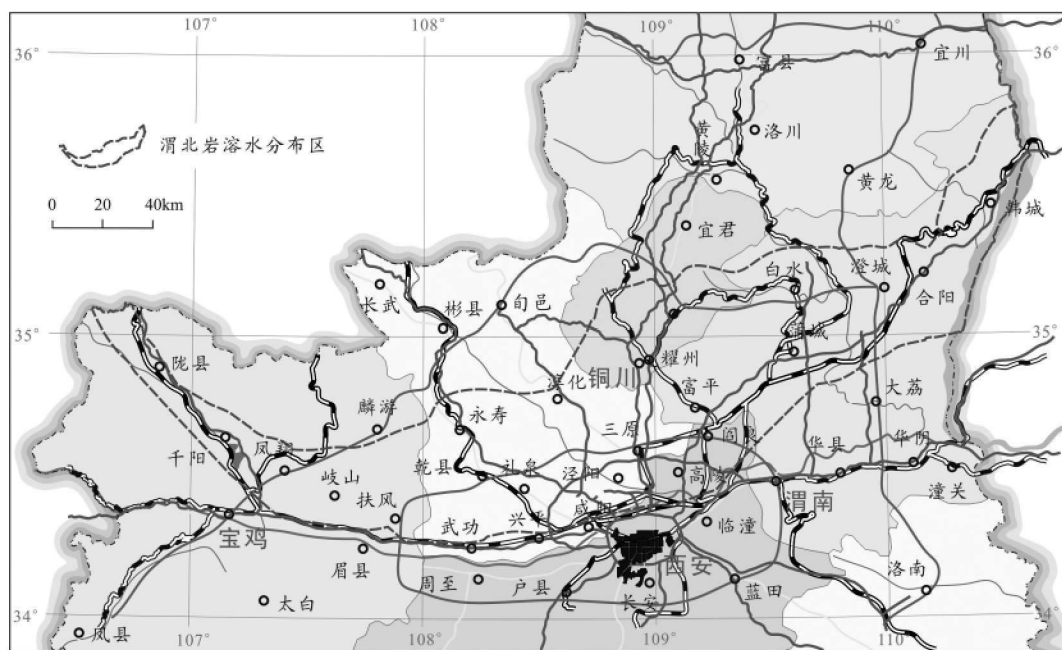


图 1-1 渭北岩溶水分布区交通位置图

渭北地区公路交通亦比较发达。截至 2014 年年底,通过渭北地区的高速公路已有 11 条通车运行。有包(头)一茂(名)高速公路,西(安)一铜(川)区段长 61.0km;福(州)一银(川)高速公路,西(安)一长(武)区段长 182.0km;北(京)一昆(明)高速公路,西(安)一禹(门口)区段长 217.0km;西(安)一延(安)高速公路,西(安)一铜(川)一黄(陵)区段长 75.3km;青(岛)一兰(州)高速公路,壶口至雷家角段长 189.1km;银(川)一昆(明)高速公路,宝(鸡)一陇(县)区段长 110.8km;银(川)一百(色)高速公路,咸(阳)一旬(邑)区段长 93.5km;榆(林)一蓝(田)高速公路,渭(南)一蒲(城)区段长 54.2km;榆(林)一商(州)高速公路,韦(庄)一罗(敷)区段长 53.7km;荷(泽)一宝(鸡)高速公路,铜(川)一旬(邑)段全长 50.06km;以及西咸北环线高速公路,全长 122.61km 等。

除上述高速公路之外,尚有 4 条国道、9 条省道干线通过渭北地区;县、乡级公路已构成网络,所有市、县、区及乡镇已通公路。截至 2013 年年底,全省农村公路总里程达到 15.16×10^4 km,其中县道 17577km,乡道 23973km,专用公路 2233km,村道 107881km。全省乡镇通畅率达到 100%,行政村通达率达到 99.9%,通路的乡镇、行政村客车通达率分别达到 95%和 77%(陕西传媒网,2014 年 9 月)。

1.3 经济与地理

1.3.1 自然地理

渭北地区地形总的特点是中部高,南、北低,中部为关中北山,即由一系列低山丘陵构成近东西向山脊,南侧为渭河断陷盆地,亦称关中盆地,地形总体向南倾伏;北侧为陕北一陇东黄土高原南缘,地形总体向北缓倾(图 1-2)。

地貌上,渭北北部为关中盆地的“北山”,涉及陕北一陇东黄土高原南缘的老爷岭、石

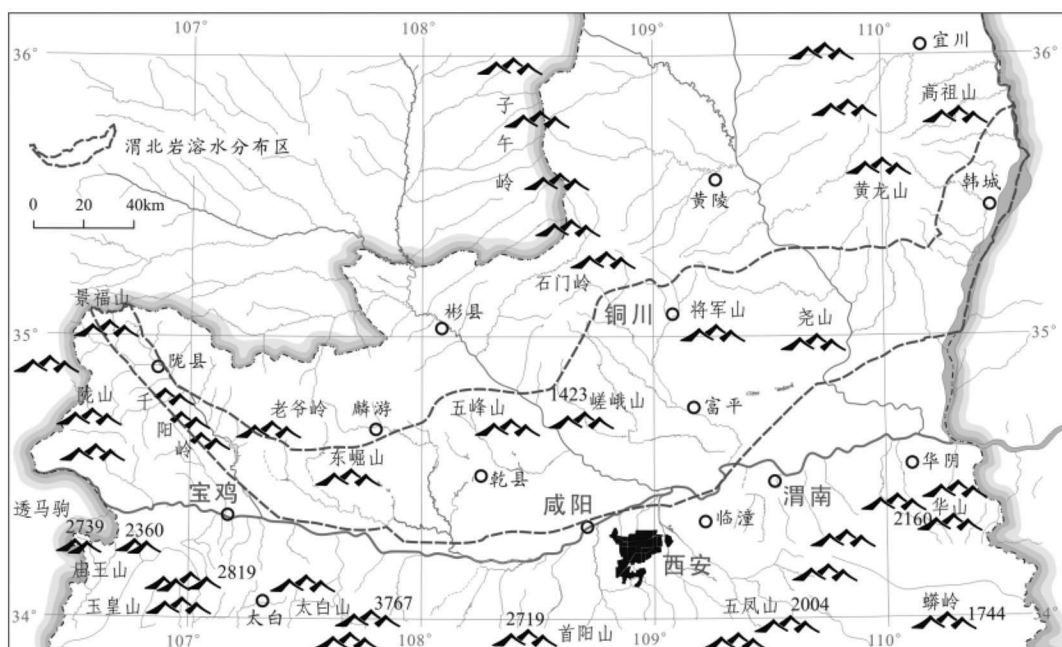


图 1-2 渭北岩溶水分布区自然地理图

门岭至黄龙山以南的梁、壑、沟谷及少量塬区,海拔 900~1600m。大多以沟壑、塬、梁等地貌为主,黄土厚度较小,沟谷中有基岩出露。“北山”泛指陕北—陇东黄土高原与关中盆地过渡地带的一系列山丘,自西向东,包括陇县景福山、千阳岭、岐山东崛山、扶风瓦罐岭、乾县五峰山、泾阳钻天岭、三原嵯峨山、富平将军山、蒲城尧山、合阳磨镰石山、韩城牡丹山与高祖山等中低山峰及其以南区域。其中,渭北西缘的陇县景福山属六盘山余脉,海拔 1200~1900m,最高峰高圪塔海拔 2032.4m;千阳岭最高峰双天顶海拔 1453m,东崛山海拔 1670m,瓦罐岭海拔 1579m,五峰山海拔 1474m,钻天岭海拔 1599m,嵯峨山海拔 1422m,将军山海拔 1345m,尧山海拔 1091m,磨镰石山海拔 1543m,牡丹山海拔 1432m,高祖山海拔 1426m。

渭北岩溶水分布区南部为关中盆地,涉及渭河以北大部分区域。西起金陵河,东到黄河;咸阳以西,南界为渭河,咸阳以东,南界为咸阳、高陵耿镇、临潼北田、渭南党睦至大荔双泉一线以北,自北山山前,向南部盆地中心,依次从碳酸盐岩浅埋区到深埋区,呈山前冲、洪积平原,黄土台塬、河谷阶地等地貌形态。最低侵蚀基准面位于黄河与金水河口处,标高 340m。这一区域东西长约 360km,南北宽 30~60km。盆地中部地势低平,海拔 340~600m,接近渭河附近,地势为一、二级河流阶地到高出渭河 200~500m 的一级或二级黄土台塬,呈阶梯状向北抬升(图 1-3)。

渭北及关中北部地区,属暖温带大陆性季风气候。春季温暖干燥,夏季炎热多雨,秋季凉爽湿润,冬季受西北风影响,气候寒冷干燥,雨雪稀少。年平均气温关中盆地 12.0~13.6℃,渭北山地 8.5~12.0℃。1 月平均气温最低为 3.5~-10.2℃,极端最低气温 -19.9℃(1977 年 1 月 30 日陇县);7 月平均气温最高为 20.0~27.7℃(山地除外),极端最高气温达 45.2℃(1934 年 7 月西安)。年降水量 340~670mm,降水分布很不均匀,呈由北向南递增趋势。7~9 月为雨季,11 月至来年 3 月为旱季,4~5 月和 10 月为干湿过渡季节。多年降水量差异也比较大,如陇县 1979 年 7 月降雨量多达 323.3mm,1969 年 12 月仅 0.1mm。

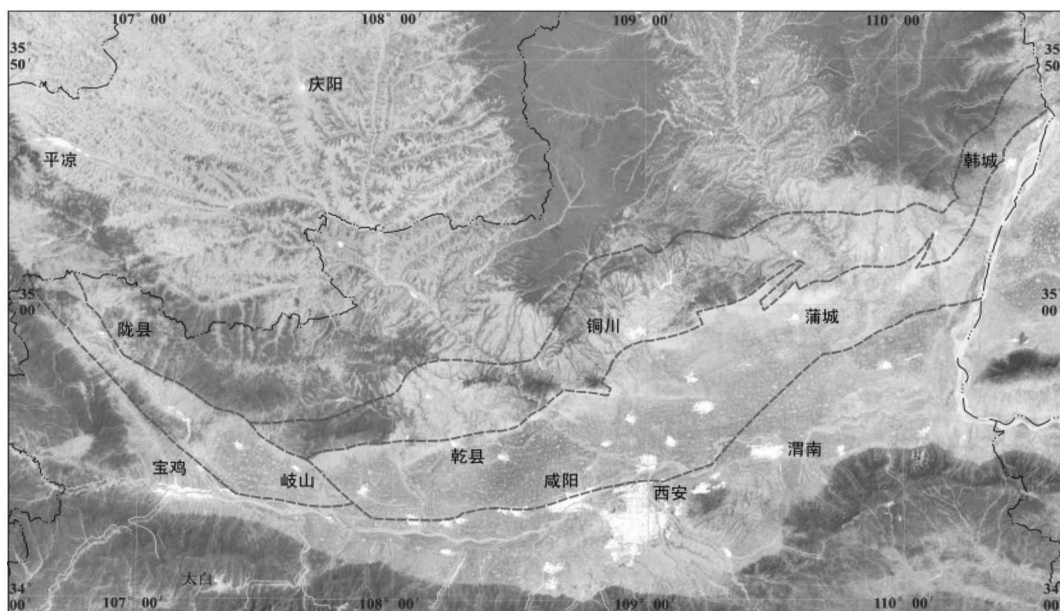


图 1-3 渭北岩溶水分布区卫星影像图

主要地区 1991 年以来气温及降雨量资料见表 1-1。

表 1-1 陕西关中及渭北主要城市 1991 年以来气温及降雨量资料统计表

地区	气温(°C)			降雨量(mm)		
	最高	最低	平均	最低	最高	平均
西安	38.7	-14.7	13.7	312	884	650.4
咸阳	38.5	-18.6	13.0	472	650	497.2
宝鸡	38.3	-16.1	13.3	590	900	593.8
渭南	38.3	-16.7	13.5	309	713	538.3
铜川	34.6	-21.8	10.7	341	942	515.6

水面蒸发量因气候、地势、植被等条件的影响,有明显差异。其年内变化特点为:冬季水面蒸发量最小,随着气温升高水面蒸发量迅速增加,6月蒸发量最大;7月由于气温最高、降水充沛、空气湿度大,蒸发量反小于6月;以后随气温下降,蒸发量减小。按 E601 蒸发器折算,全省水面蒸发变幅为 700~1600mm,关中、渭北为 900~1200mm。

1.3.2 主要水系

渭北地区地表水系主要为黄河流域渭河支流。其中渭河一级支流自西向东有千河、漆水河、泾河、石川河、洛河等,均由西北向东南注入渭河;流经渭北地区的较大二级支流有漆水河支流漠西河、小北河,泾河支流汭河,石川河支流赵氏河、清河,洛河支流白水河、大峪河、县西河等;黄河自北向南进入渭北山地后,尚有较小的一级支流凿开河、盘河、濠河、徐水河及金水河等。均由西北向东南注入黄河。黄河由北而南流经晋陕高原、山地之间,自禹门口出山,进入汾渭平原,构成渭北岩溶水分布区的东界。渭河北岸各支流多流经或发源于黄土高原,支流不发育,多呈树枝状,泾流长,丰、枯水期流量悬殊,含沙量大。

(1) 千河及其主要支流

千河古称汧河,因流经千山脚下故名。源于甘肃六盘山支脉关山石嘴梁南侧的张家川与华亭县境内。河源段称麻庵河,由华亭三角城以上的长沟(北)、四岔河(南)、洞湾河(南)、燕麦河(北)、麻庵湾湾河、旧城新岔河等汇流而成。关山山麓的河源有长度大于 5.0km 的支沟 7 条,小于 5.0km 的毛沟 97 条,上游河床平均比降 3.50%,年均流量 $0.195\text{m}^3/\text{s}$,年均径流量 $0.35 \times 10^8\text{m}^3$ 。汇流后,东南流经南庄进入陇县唐家河,经固关、神泉、陇县县城,至东风镇交界村进入千阳境内,经草碧、水沟、柿沟、千阳县城至冯家山水库,为凤翔县与陈仓区之界河。过凤翔长青镇、陈仓石羊庙与千河镇,经王家崖水库,在陈家崖村汇入渭河。干流总长 152.60km,陕西省内流长 134.80km,流域面积 3493.0km^2 ,河道平均比降 0.58%,平均年径流量 $4.85 \times 10^8\text{m}^3$ 。主流区域形成若干宽阔的川道,自上而下有陇县的陇州川、蒲峪川、咸宜川、梁甫川、梨林川、固关川,千阳一带河谷宽阔,南、北两岸各保留有三级阶地,向南进入黄梅山与灵山峡谷,出谷便进入渭河断陷盆地。最大洪水流量 $3180\text{m}^3/\text{s}$ (1954 年 8 月 16 日),最小 $0.17\text{m}^3/\text{s}$ (1973 年 8 月 14 日和 1974 年 7 月 22 日),洪水期流量 $29.61\text{m}^3/\text{s}$,枯水期流量 $5.18\text{m}^3/\text{s}$,平均流速 0.63~2.63m/s,平均含沙量

18.70kg/m³, 年均输沙量 522×10^4 t。

陕西省境内主要支流, 左岸有 35 条, 右岸有 25 条。其中, 流域面积在 100km² 以上者仅有 9 条。由于左岸源于页岭南麓的黄土塬区, 地形平缓, 径流较长, 如陇县境内的石关沟、北河、大杜阳沟、草碧河、冯坊河等, 右岸源于陇山者较少, 有咸宜河、蒲峪河、梨林河。另外, 还有千阳境内源自页岭黄土塬区的葫芦铺河、寇家河、新兴铺河、段坊河、东江河、天池河、白石河(千阳与凤翔界河), 凤翔境内的五里坡河、刘家河等较大支流, 皆位于左岸, 而源于千阳岭及黄梅山的溪流, 由于地形陡峻, 径流较短, 溪流长度多在 3~8km 之间, 流域面积也仅在 5~17km² 之间。较大一级支流有:

陇县北河, 源于陇县火烧寨乡杨岭子村, 由李家河、峡口河、田家河、温水河及水银河汇聚而成, 于县城东 500m 处汇入千河。主流长 35.30km, 流域面积 413.0km², 最大洪水流量 653.0m³/s, 平均流量 2.36m³/s。其中, 峡口河及温水河源自景福山基岩山地。

陇县石关沟, 源于华亭县上关乡(称上关河), 由新集川进入陇县, 于龙门洞进入景福山峡谷, 于李家坡吸纳了来自陇山的陈家河等支流, 于白家滩岔口处汇入千河。主流长 19.30km, 流域面积 133.4km², 平均流量 0.42m³/s。主要流经景福山基岩山地。

陇县咸宜河, 源于陇县关山乡松林沟, 向北经关山景区, 至咸宜关出山, 进入陇县断陷区, 于曹家湾乡流渠村汇入千河。主流长 33.50km, 流域面积 163.2km², 平均流量 1.04m³/s。主要流经关山山地, 汇流区为八渡断裂带。

陇县蒲峪河, 源于关山乡麻沟, 为关山景区东门, 向东经石柱子转向北, 至西洼里(秋菊山庄)再转向西北, 至铁原村出山, 进入陇县断陷区, 于天成乡韦家庄村注入千河, 主流长 35.80km。流域面积 176.3km², 平均流量 1.12m³/s。主要流经关山山地, 汇流区为八渡断裂带。

陇县梨林河, 亦称普乐河, 其上游称八渡河。源于八渡乡碾盘村(南源), 北源在上河村, 汇流处为桃园村, 即桃园一龟川寺断裂带, 在八渡镇形成川道, 再流经千阳岭峡谷。于东风镇西沟村汇入千河, 主流长 37.60km, 流域面积 218.9km², 平均流量 1.39m³/s。主要流经关山山地和千阳岭基岩山地。

陇县杜阳河(大杜阳沟), 源于陇县河北乡大谈湾村, 主要流经白垩系基岩沟壑、山地, 于杜阳堡子身村汇入千河。主流长 23.40km, 流域面积 95.8km², 平均流量 0.55m³/s, 最大洪水流量 108.1m³/s。主要流经黄土塬区。

千阳草碧河, 源于页岭南麓陇县西凉湾, 呈西北—东南流向, 至白村寺吸纳来自西北向的支流麻家台沟, 在草碧汇入千河。主流长 29.50km, 流域面积 238.4km², 河床比降 0.10%, 年径流量 2968.10×10^4 m³。主要流经黄土塬区。

千阳冯坊河, 源于页岭南麓, 主源有席家河与赵家河, 两河在回回鼻梁脚下相汇, 流经冯坊和晖川, 故亦称晖河。在千阳城西毗庐寺汇入千河。主流长 34.40km, 流域面积 230.1km², 河床比降 0.15%, 年径流量 2864.70×10^4 m³。

(2) 漆水河及其主要支流

漆水河又名漆水, 古称杜水、武亭水、中亭水。源出页岭南麓的麟游招贤西北宁里村, 至堡子山纳麦衣沟水, 经招贤镇折向东南。汇入的溪流有南沟河、板桥河、消水沟, 以上河

段名招贤河。至良舍折向东流,纳庙底河、寒北河、曹渠河、西方河、后亭子河,至九成宫镇,吸纳北马坊河、栗川(苜蓿河)、三善沟、祈家河、五龙泉水后与澄水汇合,以上河段称杜水。自澄水河口转向东南,始称漆水;于紫石崖接纳安舒河,经官务河、斩官穴后,自店头种金坪进入永寿境内,称好时河;纳史家河、武申河后转向南,流经店头与仪井之间,至坡龙头进入乾县,又名武亭河。经羊毛湾水库后,进入渭河断陷盆地,经龙岩寺、龙塘口出峪,进入关中平原。至临平镇王家庄进入武功境内,在武功镇南、北先后接纳小北河与漠西河,于武功白石滩汇入渭河。全河长 151.0km,平均比降 0.47%,流域面积 3824.0km²,年平均流量 4.32m³/s,年均径流量 13623.60×10⁴m³,最大洪水流量 825.0m³/s,最小流量 0.36m³/s(1978 年 5 月 27 日)。上游流经降水较多、植被较好的麟游山区,河源至麟游县城段支流发育,水量比较丰富,含沙量少,河水清澈。麟游县城至永寿宋家坡段,河谷深切入灰岩之中,谷深 150~200m,两岸陡峻,谷底较宽处 50~60m,最窄处仅 10m 左右。干流自宋家坡出石峡后,流入长约 7km、宽 500~1000m 的川道,比降 0.50%。羊毛湾水库以下又进入灰岩壁立的峡谷,龙岩寺以上 1000m 内更为陡峻,谷宽不到 100m,基岩出露厚度 70m 以上。龙岩寺以下至河口为带状川地,宽 1~3km,比降 0.40%。主要支流有:

漳河,古称漳水、沮水,俗称后河、小北河。源于凤翔县北老爷岭南麓,上源称枣子河,并由西侧的洛城河及东侧五沟河、蟠桃河汇聚而成,过凤翔后称雍水,过彪角至宋家村进入岐山境内,至先锋厂接纳横水河(川口河),称后河。至庞宁又接纳了来自北山的蒲家沟、涝川(黑沟)、魏家河、崛山沟,至谢家河进入扶风境内,称漳河。在扶风旧县城及其以东分别接纳了七星河(包括上游大石沟、石沟)和漾阳河(包括上游野河),称小北河。在杏林以南进入武功境内,东流至武功镇南汇入漆水河。全河长 100km,年平均流量 0.57m³/s,年径流量 1785.2×10⁴m³,最大洪流 413m³/s(1954 年)。

漠西河,源于永寿县永坪以东的麻亭岭,南至麻子沟,诸流相汇成河。经甘井东向南,至丰台东进入乾县境内,转向东南,至乾县西进入渭河断陷后,转向西南,经大北沟水库后,称麦河沟。至豆村进入武功,经苏坊乡至武功镇东北处汇入漆水河。主流长 66.18km,年均流量 0.03m³/s,年径流量 86.4×10⁴m³。

武申河,源于页岭南麓的麟游常丰武申村,流经永寿甘井与常丰交界处,在牛头咀以南接纳西来的佛堂沟等数条溪流后,成为麟游与乾县的界河,至好时河以北汇入漆水河。主流长 16.40km,年径流量 145.7×10⁴m³,平均流量 0.05m³/s。

(3) 泾河及其主要支流

泾河源于泾源县六盘山东麓马尾巴梁东南 1km 的老龙潭,河源高程 2540m。东北流经崆峒峡至平凉市,向东有颀河、小路河、大路河及潘杨涧自左岸汇入,至泾川县右岸汇汭河,左岸纳洪河、蒲河、马莲河,再折向东南,在马寨汤渠村进入长武、彬县境,有四郎河、鸭儿沟、黑河、磨子沟、闫子川(红岩河)、水帘河、太峪河、百子沟汇入,东南经淳化、永寿、礼泉、泾阳,先后接纳三水河、金池沟、姜家河、皂角树沟等,至高陵陈家滩汇入渭河。全河长 455.10km,流域面积 45421km²,河道平均比降 2.47%。多年平均径流量 21.40×10⁸m³,张家山水文站实测最大流量 9200m³/s(1933 年 8 月 5 日),最小流量 1.94m³/s(1977 年 4 月 15 日),彬县段流速 0.24~4.73m/s,平均 1.20m/s,景村调查到 1911 年 8 月 3 日特大历史洪水

15300m³/s。泾阳段年均流量 64.10m³/s,年输沙量 2.83×10^8 t。支流发育,且有大于干流现象。如马莲河长达 374.8km,其入泾处以上泾河干流长 210km,大多流经黄土高原沟壑区,输沙量巨大。流经渭北岩溶水分布区的支流仅有泔河。

泔河源于永寿县永坪北部的罐罐沟脑,东南流经县城北,称封侯沟。在冯市北进入乾县境,吸纳三岔河、冯市沟后,经杨家河水库,在铁佛寺东接纳注泔沟流,东南至泔河水库进入礼泉县境,吸纳小河、县北河,于礼泉烽火百灵宫注入泾河。全长 91.0km,流域面积 1136km²,河床高程 1416~410m,平均比降 0.11%,平均流量 0.06m³/s,年径流量 0.22×10^8 m³。流经黄土残塬沟壑区,地表水及地下水均贫乏。

(4) 石川河及其支流

石川河,有北源漆水(铜官水)与西源沮水。北源于耀州东北凤凰山东麓嵯峨梁下,与宜君哭泉梁塔尼河汇合后入金锁关,西南合马杓沟、雷家河,过王益区,再合王家河、小河沟等,于耀州城南汇入沮河。全长 63.0km,流域面积 814.7km²,平均比降 1.10%,年均径流量 0.38×10^8 m³。上段基岩裸露,中段在市区多为石灰岩地段,河床多砾石,下段进入断陷盆地,河谷展宽。西支沮河为石川河正源,源于耀州西北长蛇岭南侧,由大坡沟、西川等数条溪流汇集而成,南偏西流至庙湾转东南,于柳林镇上下,东纳校场坪,西纳秀房沟,在耀州城南纳漆水河,主流长 67.0km,流域面积 871.0km²,比降 1.30%,年均径流量 0.62×10^8 m³。二源自富平洪水乡岔口合流,始称石川河。自岔口进入富平县境,过庄里进入渭河平原,绕富平城西,接纳赵氏河,在魏村进入阎良境,向东在樊家村纳苇子河(温泉河)后,过康桥,转向东南,过古栎阳城东,至相桥进入临潼后转向西南,于武屯乡小苏村接纳自西而来的清河,在交口乡迎仁村附近汇入渭河。主流长 144.0km,流域面积 6174.9km²,富平以下河床比降 0.103%。据阎良水文站资料,年均径流量 2.15×10^8 m³,流量极不稳定,旱时常断流。20 世纪 70 年代以后,上游建库截流、采石挖沙、排放废水,河道已长期断流,多有污水。中下游支流不发育,大多干涸,仅有赵氏河、清河及其支流等。

清河,由清峪河、冶峪河及浊峪河(已干涸)汇流而成。源于耀州照金镇西北的野虎沟,向南过白村为淳化与耀州界河,过岳村为三原与泾阳界河;冶峪河源出淳化安子哇乡老城湾,两源相隔不远,南行绕淳化城转东南,过黑松林水库、石桥,进入泾阳口镇、云阳,在三原安全滩汇入清峪河,向南转东偏北,河床深切二三十米,由三原城北经大程向东南,为阎良与临潼界河,在相桥东南汇入石川河。清河长 147.0km,长于干流石川河,流域面积 1550km²,平均比降 0.33%,年径流量 0.63×10^8 m³。

赵氏河源出耀州西北的照金东山,东南流经寺坡北的前河、虎河村、樊家河、阿子河、陈家河、牛村河等,于故贤咀吸纳来自北侧的吕村河(水库)后,东南进入玉皇阁水库,在马额以东洪水乡窑庄村进入富平境内,为富平与三原界河。经弓王水库、红星水库,至淡村转向东流,至交口城汇入石川河,主流全长 53.90km。上游流经三叠纪砂页岩沟壑,自后申河以下进入黄土台塬沟壑区。流经耀州、三原、富平等地,由于河道水库蓄水频繁,几乎断流。

温泉河以隆冬不冰而得名,又沿河盛产芦苇,亦名苇子河。西源出县城西北南社乡龙王村,东南流向,在神下村吸纳东源顺阳河(已干涸)后,经县城北流向东南,经城关、华朱、王寮等 8 个乡镇,东南至留古乡猴王洞进入临潼境内,在康桥以西汇入石川河。主流长