

张贵义 曹家泉 王治军 李 萍 著

陇东

LONGDONG HUANGTU
GONGCHENG DIZHI

黄土工程地质

陕西科学技术出版社

陇东黄土工程地质

张贵义 曹家泉 王治军 李 萍 著

陕西科学技术出版社

【内 容 提 要】

本书系统地介绍了陇东地区黄土地层及其工程地质性质,并对该地区进行了工程地质分区,特别对各县市的工程地质特征分别作了详细阐述。书中还通过微结构、化学成分和矿物成分的分析,探讨了黄土湿陷性的机理,利用统计分析得出了该地区湿陷性黄土湿陷系数与物理指标之间的定量关系。

本书可供工程地质、城市建设、交通勘测等方面的科研和生产人员及高等院校师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

陇东黄土工程地质/张贵义等著. —西安:陕西科学技术出版社,2001.6

ISBN 7-5369-3337-1/P·60

I. 陇… II. 张… III. 黄土区—工程地质—研究—甘肃省 IV. P642.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 052378 号

出 版 者 陕西科学技术出版社

西安北大街 131 号 邮编 710003

电话(029)7211894 传真(029)7218236

发 行 者 陕西科学技术出版社

电话(029)7212206 7260001

印 刷 长安大学雁塔印刷厂

规 格 787 mm×1 092 mm 16 开本

印 张 10.25 印张

字 数 249 千字

印 数 1—1000

版 次 2001 年 8 月第 1 版

2001 年 8 月第 1 次印刷

定 价 20.00 元

(如有印装质量问题,请与承印厂联系调换)

序

陇东位于黄土高原的中部,黄土发育最为典型,从 720 万年以前即中新世晚期,经上新世、更新世和全新世,连续沉积,毫无间断,总厚达 300 米。上层晚更新世和全新世的黄土,湿陷性较强,对建筑工程影响较大。另外本区正跨在砂黄土带与粉黄土带上,使其工程地质研究具有特殊性。

改革开放以来,我国黄土研究突飞猛进。有些研究已达国际前列,如黄土地层和黄土气候记录及其驱动机制的研究等。已经证明青藏高原隆起造成了强大的东亚季风,东亚季风又产生了黄土风尘的堆积。中国黄土古气候研究对全球变化的研究作出了重要的贡献,也为我国改善生态环境打下了基础。

黄土的应用研究,特别是在工程地质和岩土工程方面的研究,这些年也有不少进展。但是在区域黄土工程地质研究方面却很少有成果出现。本书正好填补了这一空白。

本书对马兰黄土的定义给予了合理的、方便使用的修定。早期,由于人们对晚更新世的下界没有认真的论证,从岩性和古脊椎动物化石把马兰黄土定为晚更新世,马兰黄土的下界也就成了晚更新世的下界。但近来的年代学研究证明马兰黄土的下界约为 7~8 万年,只相当于晚更新世的中、晚期。而实际上晚更新世的下界应在 12.8 万年。黄土地层 S_1 的下界正是晚更新世的下界。为了使地层划分与地质时代划分基本一致,也为了使用方便,本书作者进行了重要的改革,将马兰黄土的下界下移至 12.8 万年,使马兰黄土包括 L_1 和 S_1 。也因为国际上将中更新世的下界置于古地磁年表的 B/M 界线(布容/松山极性界线)上即 78 万年。而原先的离石黄土的下界约为 120 万年。因而形成离石黄土下部跨在早、中更新世之间。作者们为使用方便将离石黄土的下界,现置于 B/M 界线附近。

这两件事正是对理论工作者的一个警示,广大地质工作者是你们的用户,你们的群众。要为群众服务,要方便群众,要随时代的前进修改过去的成果。所以说本书作者的这两项大胆的改革,实属科学进步方面的创举。

在本书第 4 章中,作者们对黄土湿陷性作了全面的研究。利用电子探针、扫描电镜等方法研究了黄土的孔隙特征,证明黄土的架空孔隙周围的骨架颗粒是由粘土矿物、倍半氧化物和 CaCO_3 的胶结来维持的。证明作为胶结物的次生 CaCO_3 是湿陷的一个阻滞因素。黄土骨架中的球粒结构也在本区得到了证实。证明黄土在搬运过程中有许多小颗粒可以集合起来,可以顺地面滚动,以滚雪球的方式形成

序

较大的球粒。球粒的保存证明风尘经黄土化变为黄土后并无太大变化,从而保存了原来的架空孔隙和湿陷性。最终作者们提出了一个湿陷系数与含水量、天然孔隙比和粘粒含量的回归方程。使黄土湿陷性的研究进入了量化的阶段。

特别指出,本书提出了一个新的概念:黄土湿陷的“峰值粘粒含量”,即大约以18%为界,粘粒含量 $>18\%$ 和 $<18\%$ 时,湿陷系数都在减小,只有在18%附近湿陷系数最大。北部环县一带是砂黄土带,含粘粒较少,矿物颗粒多以单粒状态存在,接触较紧密,架空孔隙少,所以湿陷性小。当粘粒含量在峰值附近时,矿物颗粒表面附着着较多的粘粒,生成较多的集粒与球粒在风尘轻轻落下时有助于搭架成较多的架空孔隙,使湿陷性加大。南部黄土粘粒含量加大,粒间被粘粒填充,结构较致密使湿陷性降低。湿陷峰值粘粒含量的发现是本书对湿陷性研究理论上所作的一项重要贡献。

本书后部概括地论证了不同地貌单元上的工程地质条件,还论证了湿陷性黄土地基处理的垫层法与挤密法并附有岩土工程勘察和地基治理的实例,这些都是十分有价值的资料。

总之,本书是作者们多年来辛勤劳动的结晶。作者们在日常繁忙的实际工作之余,还不忘记将自己的实际经验整理、研究、深化而著成此书,实在分难能可贵。本书对黄土岩土和工程地质者具有极高的参考价值。同时也充实了黄土岩土工程学与工程地质学的理论,具有很高的理论价值与学术价值。

我衷心地向作者表示敬佩与祝贺!也希望更多的实际作者们把你们实际工作中的经验总结出来,使我国黄土的岩土工程和工程地质研究更加繁荣昌盛!

孙建中

2000年9月2日

前言

《陇东黄土工程地质》属于区域工程地质范畴。

区域工程地质对资源开发、土地使用、国民经济建设以及生态环境都有着举足轻重的作用。要想科学地、合理地作好上述工作,首先要全面地进行工程地质勘察,掌握区域工程地质条件,只有这样才能把建筑物特点与场地地质条件充分结合,统盘考虑,整体布局,科学规划。

陇东地区由于远离都市,交通不便,地方工业发展缓慢,尤其是庆阳地区,国民经济是以农业为主,工程地质勘察基本上为一空白。长庆油田在此勘探初期,由于缺乏工程地质勘察手段,对本区湿陷性黄土的工程地质条件认识不足,一些工业和民用建筑设计时,缺少地质资料,投入使用以后,受到不同程度破坏。随着油田的发展,兴建的工业与民用建筑愈来愈多,建筑规模也愈来愈大,逐步对建筑场地的工程地质条件有了正确和深刻的认识,在本区陆续进行了一些结合工程建设的工程地质勘察工作。1973年6月,油田的重点工程——贺旗电厂、庆阳职工医院、庆阳第二机械厂和长庆桥第一机械厂由陕西省综合勘察院进行了工程地质勘察,为本区初步积累了一些工程地质资料。

1976年下半年,长庆石油勘察设计院工程地质室成立,一年来在陇东地区对20余项工程进行了工程地质勘察,采取原状土样917件,并进行了室内实验。除了对每项工程进行总结外,于1977年编写了《陇东地区工程地质概况》,首次提出陇东地区工程地质条件按地貌单元分区进行评价的意见。通过这些工作,大大地丰富了油田工程地质基础资料,基本上掌握了陇东地区工程地质条件的变化规律。

经过二年多的实践检验,充分证明,陇东地区的工程地质条件按地貌单元分区的观点是正确的、可行的,为了总结经验,指导今后生产,整编了已有的工程地质资料,于1979年末编写了《陇东地区工程地质资料分析》,对本区的工程地质条件作了进一步的探讨,在原分区的基础上划分了亚区,对塬、梁、峁区的工程地质条件进行了初步分析,并分区归纳了地貌、地层特征,水文地质条件,工程地质条件及指标统计、评价。这些数据 and 结论可供设计和施工人员参考。当建筑物的规模很小,对地基土的要求比较低时,可以作为设计的依据。

1980年,《陇东地区工程地质资料分析》一文作为我国土力学会议的交流资料首次向工程地质界展示,得到与会专家、学者的好评。

1982年,《湿陷性黄土地区建筑规范》GBJ25—90颁布后,我们在总结工程地

前言

质资料的基础上,对本区湿陷性黄土地基处理进行研究和探讨,如土垫层的研究、素土挤密桩的研究。并在《石油工程勘察技术论文选集》上发表,这标志着本区工程地质研究与岩土工程相结合方面迈出了新的一步。

本书在内容上,力求理论与实际完美的结合,从自然环境和地质背景入手,着重讨论和研究了陇东黄土区气象、水文、地震、地下水资源,陇东黄土的性质和划分,陇东黄土的工程地质特征。对本区的县城(市区)按所处地貌单元分区、归类进行综合评价,提出了合理化的建议;总结了本区常用的行之有效的地基处理方法;最后对本区近二百余项工程勘察资料进行了汇总。

本书是由长庆石油勘察设计院与西安工程学院工程地质研究室密切合作、在张贵义主持和指导下集体完成的。第1章由王治军、张贵义撰写;第2章由曹家泉、张贵义撰写;第3章由李萍、曹家泉、王治军撰写;第4章由张贵义、王治军撰写;第5章由张贵义、王治军、曹家泉撰写;第6章由曹家泉、王治军撰写;第7章由曹家泉主持,由杜志伟、耿生明、魏颖琪、宋继文等进行数理统计。

在资料整理过程中得到西安工程学院的李同录副教授,长庆石油勘察设计院的胡学锋、白宏升、李静、袁开华等同志的热情帮助;初稿完成后,由西安工程学院杜东菊、孙建中、彭建兵教授逐章全面的做了补充、修改和审核,最后定稿,本书还得到长庆石油勘探局陈国法副局长,长庆西安基地筹建处王黎明副处长和长庆石油勘探局科技处的大力支持,谨在此一并致谢。

由于长期生活在这片较为闭塞的黄土地上,难免“不识庐山真面目”,加之水平有限,不妥之处恳请批评指正。

作者

2000年3月25日

目 录

第 1 章 陇东地区自然地理及其区域地质概况	(1)
1.1 地形地貌	(1)
1.2 水文	(4)
1.3 气候	(9)
1.4 区域地质发展史	(17)
1.5 区域地层岩性	(18)
1.6 地质构造与地震	(22)
1.7 水文地质	(28)
第 2 章 第四纪黄土地层划分	(31)
2.1 黄土的概念及命名	(31)
2.2 黄土的成因	(32)
2.3 中国第四纪下界问题	(34)
2.4 中国黄土的标准层	(38)
2.5 陇东地区第四纪黄土地层划分	(42)
第 3 章 陇东黄土工程地质特征	(52)
3.1 陇东黄土物理力学性质	(52)
3.2 陇东黄土湿陷性的本质	(63)
3.3 陇东黄土工程地质分区	(73)
第 4 章 陇东各县城的工程地质条件	(77)
4.1 塬上各县城的工程地质条件	(77)

目 录

4.2	分布在河谷二级阶地上的各县城的工程地质条件	(82)
4.3	河谷一级阶地上的县城工程地质条件	(84)
第5章	庆阳及西峰市区工程地质	(88)
5.1	庆阳县城工程地质	(88)
5.2	西峰市区工程地质	(99)
第6章	地基处理	(105)
6.1	垫土法	(106)
6.2	挤密法	(112)
6.3	地基处理方法的探讨	(119)
6.4	岩土工程实录	(120)
第7章	勘察资料汇编	(128)
7.1	说明	(128)
7.2	勘察资料分区编录	(129)
参考文献		(151)
图版		(153)

第 1 章

陇东地区自然地理 及其区域地质概况

鄂尔多斯盆地是莫基于古老华北地台之上、于中生代独立发展起来的内陆盆地,它由陕甘黄土高原和鄂尔多斯草原两大地貌单元组成,南部的黄土高原由于受盆地内构造运动的影响,形成了以南北向分布的子午岭为界的两大黄土沉积凹陷,即陇东区和陕北区。它们分别以董志塬(西峰塬)和洛川塬为标志,经过 200 多万年的风雨沧桑,沉积了 200 多米厚的第四系黄土。基于工作环境限制,仅以陇东区作为研究对象,进行系统的介绍和研究。

陇东区位于甘肃省东部,其范围东至子午岭、南临泾河、西接六盘山、北至白于山分水岭一线,总面积约 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。区内东南北三面与陕西省的榆林、延安、铜川、咸阳等地区毗邻;西部与宁夏的银南、固原等地区衔接,(见图 1-1)。该区中部的董志塬是我国保存最完整、面积最大的黄土塬。因其在西峰市南董志一带发育较好,且居塬之中心,故得名。

1.1 地形地貌

陇东黄土高原东、西、北三面环山、南面傍水,形似向南展开的簸箕状。区内海拔标高在 1 100~1 600 m 之间,地势西北高、东南低。第四系黄土沉积厚度有由北向南逐渐减薄的趋势,至董志塬厚约 250 m。

该区以合道川为界,南北部地貌有较大差异。北部以黄土梁峁为主,南部以黄土塬为主。受树枝状水系的长期强烈侵蚀切割,使南部的黄土塬化整为零,形成了 13 个具有一定规模的黄土塬。北部河流侵蚀切割作用更为强烈,形成了沟壑纵横、支离破碎的黄土梁峁地貌。按地貌形态划分,本区可分为黄土塬区、黄土残塬区、梁峁丘陵区、黄土掌地区和黄土丘陵林区五种自然地貌单元(见图 1-2)。

1.1.1 黄土塬区

主要分布于该区南部并以董志塬为中心。在流水的长期侵蚀作用下,将庞大的董志塬分割成 13 个具有一定规模的面积不等的黄土塬。塬面平坦宽阔,微向东南倾斜,塬中心倾角近 1° ,边缘倾角 $3^\circ \sim 8^\circ$,塬的周边冲沟发育,切割深度一般为 150~200 m,白垩纪地层在冲沟底部或侧部有出露。根据面积大小排列,最大的塬仍称为董志塬,面积约 681.1 km^2 ,最小的塬为唐塬,面积约 19.5 km^2 (见表 1-1)。

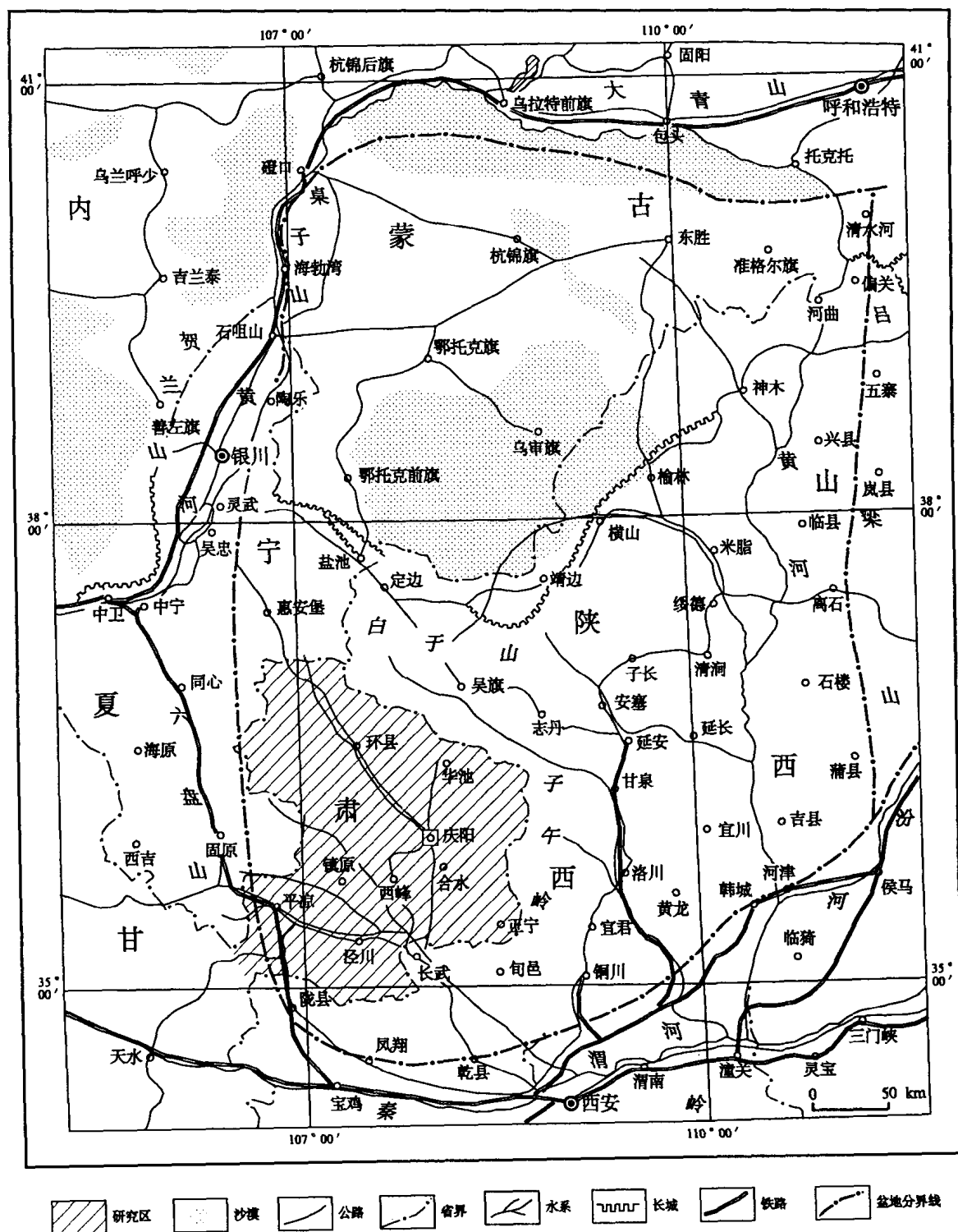


图 1-1 陇东地区交通位置图

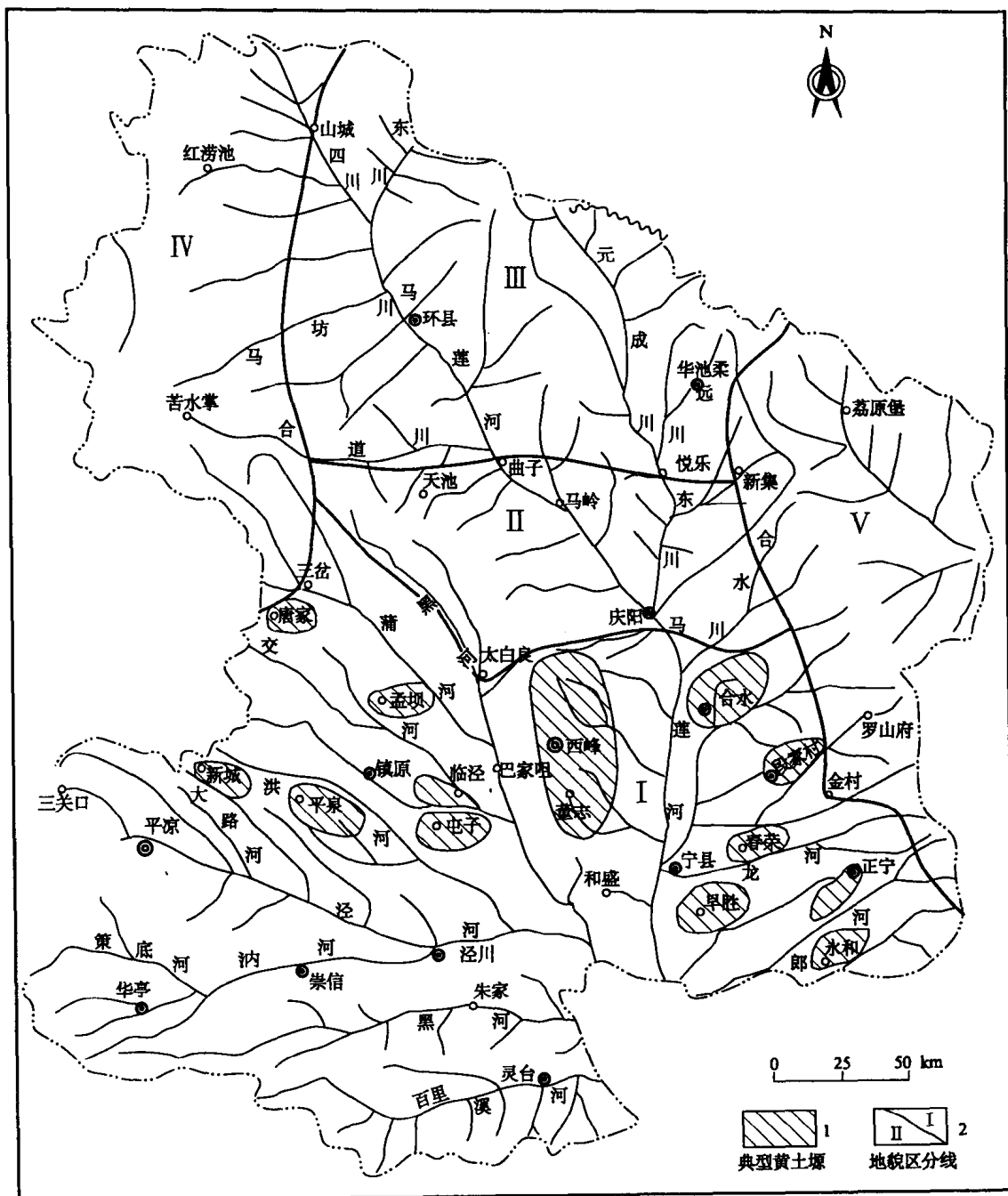


图 1-2 陇东地区地貌分区图

1.1.2 黄土残塬区

本区是指合道川以南,庆阳县城以北,南北长约 90 km,以环江河为主线的广大地区。

该区水系发育,因此塬面较为破碎,面积较小,一般为几平方公里甚至更小。塬的边缘异常曲折,边缘线明显,但塬面仍保持平坦。塬边沟谷十分发育,形态多呈“V”字形或“U”字形。白

垩纪地层出露于河谷两侧。总体看来,完整连片的黄土塬地貌景观已不复存在,而更多地出现了地形破碎、起伏较大的梁峁地貌。区内标高在 1 500~1 300 m。

表 1-1 陇东地区主要黄土塬情况表

序号	塬 名	行政归属	面积/km ²
1	董志塬	西峰市、庆阳县、宁县	681.1
2	早胜塬	宁县、正宁县	227.3
3	官河塬	正宁县	140.3
4	西华池塬	合水县、宁县	100.6
5	屯子塬	镇原县	87.5
6	段集塬	合水县	82.9
7	平泉塬	镇原县、泾川县	74.0
8	孟坝塬	镇原县、泾川县	73.4
9	新城塬	镇原县	57.7
10	临泾塬	镇原县	43.5
11	永和塬	正宁县	43.3
12	春荣塬	宁县	37.3
13	唐塬	镇原县	19.5

1.1.3 梁峁丘陵区

该区主要指子午岭以西,合道川以北,山城—罗山川—虎洞—何坪—一线以东的区域。主要分布在环江河和柔远河流域。梁峁连绵,沟壑纵横,地形起伏很大。海拔高程一般在 1 100~1 600 m 之间。

黄土梁多呈长梁出现,一般长在几百米甚至几公里,弯曲延伸。梁间发育有较大冲沟或河流,切割很深,上游狭窄,河谷多呈“V”字形,下游较为宽缓,河谷多呈“U”字形。

黄土峁外形似“馒头”,呈明显的穹形,是黄土梁进一步遭受强烈侵蚀的结果。常常以连续峁的形态存在,峁与峁之间分水鞍状连接,远而望之,酷似连绵不断的“蒙古包”。

由于发育着环江河和柔远河两大河流,因此河流阶地也较为发育,成为工业与民用建筑的主要场所。

1.1.4 黄土掌地区

该区指合道川以北,山城—罗山川—虎洞—何坪—一线以西地区。掌地是黄土掩覆古河道后形成宽敞的长条状谷地。目前,我国保持掌地形态较好的地区不多,主要分布在陕西白于山各河流发源地。甘肃环县皋兰掌地形态尚属保持较为完整的地区。

1.1.5 黄土丘陵森林区

该区主要指子午岭林区。由于工作很少涉及到此,因此只作为地貌分区划分出来,不再进一步赘述。

1.2 水文

水文是构成自然条件的重要组成部分。它是各种自然条件综合影响的产物,随着地区的不同、自然条件的变化,水文条件有着明显的差异,并表现地区性特征。陇东区位于陕甘黄土高原腹地,具有黄土高原独特的水文条件。

1.2.1 水系概况及基本特征

泾河是本区最大的河流,属黄河二级支流,自西部流入,主要流经本区西南部。它的支流在

该区尤为发育,主要有马莲河、蒲河、茹河、洪河,这些河流是本区水系的骨干,同时各条河又发育着多条冲沟和支流,形成了树枝状的水系网(见图 1-2)。

区内河流绝大多数发源于白于山和子午岭两条分水岭。河流的流向呈 SN、WN-ES 和 EN-WS 向。由于河流的源头不同,流经的地理环境不同,因此,它的流域面积、比降等参数各异。现将主要河流的基本参数列于表 1-2、1-3。

表 1-2 主要河流概况

河名	长度/km	流域面积/km ²	平均比降/10 ⁻³	多年平均径流量/10 ⁹ m ³
马莲河	374.8	19 086.0	1.37	4.544 0
蒲河	204.0	7 474.0	4.27	2.367 0
茹河	171.4	1 414.5	12.6	
洪河	187.2	1 366.9	3.87	0.694 3
泾河	455.1	17 324.0	3.36	9.783 0

表 1-3 主要河段水质概况

河流名称	河段地点	离子含量/(mg/l)				总硬度 (德氏度)	总矿化度 (g/l)	灌溉系数
		钾钠离子	镁离子	氯根	硫酸根			
环江河	环县山城	1 235.1	565.4	2 322.6	2 269.4	171.5	6.8	0.88
	环县洪德	644.0	305.2	1 242.9	1 361.7	105.3	3.9	1.65
	环县城南	615.3	317.7	1 078.0	1 352.0	97.0	3.6	1.89
	庆阳马岭	613.0	323.0	1 076.0	1 305.0	97.4	3.6	1.90
马莲河	庆阳城南	502.6	202.6	748.2	989.4	65.4	2.7	2.73
柔远河	华池县	146.0	68.0	170.0	202.0	19.7	0.7	12.0
马莲河	宁县正平				479.8		1.6	5.2
蒲河		269.8	88.8	255.3	479.3	26.2	1.3	7.1
茹河		204.2	43.8	175.5	344.9	17.3	0.9	10.1

注:当灌溉系数大于 18 时,完全适于灌溉;当灌溉系数在 6~18 时,一般适于灌溉;当灌溉系数在 1.2~6 时,不太适于灌溉,如排水条件良好,或掺合洪水等较好的水质后,可用于灌溉;当灌溉系数小于 1.2 时,不予灌溉;以矿化度评价,矿化度小于 2 时,适宜灌溉。

全区设有 14 个水文站(见表 1-4),分布在各主要河流上,总控制面积在数百平方公里至数万平方公里,甚至更大,对河流各种参数的实测起着重要作用。

总体看来,本区水系有以下特征:

(1) 受六盘山、白于山、子午岭的限制和影响,区内地势西、北、东三面相对较高,南面较低,因此,河流均由西、北、东三面流经本区并向南汇入泾河。

(2) 区内黄土覆盖面积广泛,且土层厚度大。除干流外,次级支流、毛沟、冲沟极为发育,构成树枝状水系网。这些支流、毛沟、冲沟大多属于季节性冲沟。雨季丰水期加快了干流的集流速度而形成洪水;旱季枯水期不能补给干流,是干流在一年内的最低水位期。总之,河流在一年

内的流量变化悬殊。

(3) 黄土丘陵地区由于受干旱、半干旱气候的影响,降雨少且集中,往往形成洪水并具有来势猛,冲刷力大,历时短的特点。因此,小冲沟、支毛沟在流水强烈下切冲刷作用下,形成下游比上游沟谷更狭窄、坡降更大的反常现象。

表 1-4 各水文站基本情况表

河名	站名	地理位置	设站时间	控制面积/km ²	河道长度/km		至河源平均 比降/10 ⁻³
					至河源	至河口	
泾河	杨家坪	宁县长庆桥杨家坪	1955.06~1967.04	14 126	179.3	275.8	4.25
马莲河	政平	宁县中村政平	1951.06~1954.08	19 086	374.4	0.4	1.35
马莲河	雨落坪	宁县新庄雨落坪	1954.08~	19 019	358.5	16.0	1.40
蒲河	毛家河	庆阳肖金毛家河	1952.07~1969.12	7 198	168.3	35.7	3.26
蒲河	巴家咀	西峰市西 16 公里	1951.09~	3 522	142.6	61.4	3.66
环江河	庆阳	庆城西门外	1951.09~	10 603	250.5	124.3	1.54
环江河	洪德	环县洪德马莲滩	1958.07~	4 640	99.7	275.1	1.35
柔远河	庆阳	庆城东门外	1951.09~	3 063	129.9	1.5	2.69
柔远河	悦乐	华池县悦乐张湾村	1958.06	528	45.7	4.0	6.61

(4) 区内除子午岭林区外,其余地区植被稀少,在流水作用下,沟壑纵横,水土流失严重。全区多年平均输沙量为 2.1×10^9 t 主要集中在 7~8 月,占全年输沙量的 85% 左右。

1.2.2 蒸发

蒸发是水由液态变为汽态的一种自然现象。蒸发可分为水面蒸发、土面蒸发和叶面蒸发(蒸腾),气象学上的蒸发通常指水面蒸发。

水面蒸发是各种蒸发中最简单的一种。在实践工作中为确定水库、湖泊等水面的蒸发损失量,常需用水面蒸发资料。通常确定水面蒸发量有两种途径:一是实测法。即采用水面蒸发器实测,并对所测资料进行分析的方法;二是间接法。即通过气象观测资料间接推算的方法。目前普遍采用的是前一种,且 $\phi-20$ 型蒸发器使用最多。

实测法所测的蒸发量值往往偏大,但资料真实性和精确度高,整齐可靠,而且能反映气候的某些特征和进行地区间的比较。

陇东地区各地蒸发量是采取 $\phi-20$ 型蒸发器实测。依此为依据,分析统计而得区内各测站历年各月平均蒸发量值如下(表 1-5)。

由上表可以看出,蒸发量的分布具有以下特点:

(1) 蒸发量由北向南总体上有逐渐减少的趋势。环县位于本区北部,其多年平均蒸发量值为 1 694.6 mm;西峰位于本区中部董志塬上,其蒸发量为 1 491.5 mm;泾河杨家坪位于本区南部,蒸发量为 1 210.1 mm。以上数据可反映出蒸发量在地理南北方向上的变化十分明显。

(2) 蒸发量随地形起伏变化明显。从全区蒸发量分布情况看,由北向南逐渐减小,但这不是绝对的,地形海拔高,蒸发量大,反之则小,如庆阳地面高程为 1 103 m 左右,蒸发量为

1 249.2 mm;而西峰地面高程为1 400 m 左右,蒸发量为1 491.2 mm。主要原因是蒸发量随地形标高在变化。

表 1-5 区内各站蒸发量统计表

测站	观测时段/a	历年各月平均蒸发量/mm												多年平均蒸发量/mm	多年最大蒸发量/mm
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
洪德	6	50.8	61.1	119.2	162.5	242.8	290.0	217.3	204.0	114.2	94.5	55.2	35.4	1 647.0	1 878.2
环县	7	57.5	68.9	125.0	177.1	252.9	284.6	213.5	207.2	120.1	85.2	57.7	44.9	1 694.6	1 884.8
庆阳	13	35.0	46.8	93.3	139.3	179.8	191.2	180.7	156.0	91.3	68.2	40.9	26.7	1 249.2	1 612.9
合水	4	41.5	42.9	104.8	154.8	218.6	241.4	250.8	186.2	106.8	94.9	57.5	44.5	1 544.7	1 672.2
华池	7	43.0	48.4	106.5	164.6	236.3	250.5	218.5	171.7	109.3	85.4	52.5	36.6	1 523.0	1 749.8
宁县	11	44.8	52.1	103.2	141.1	188.9	235.5	242.2	194.5	98.1	73.3	47.6	35.1	1 456.6	1 850.5
镇原	4	41.0	42.9	106.4	155.8	219.7	263.0	245.6	177.3	103.3	87.7	59.4	41.0	1 543.0	1 721.4
西峰	19	45.4	56.7	111.3	164.9	210.5	241.9	211.2	168.3	104.2	85.3	56.6	39.2	1 491.5	1 805.7
正宁	11	54.2	56.9	107.5	151.9	212.4	241.2	203.4	174.1	103.2	85.4	57.0	44.0	1 491.2	1 720.7

注:表中蒸发量数据如需要换算为水库水面蒸发量时,可乘以0.54~0.60的系数,如需要换算为 ϕ -80型器测值时,乘以0.75的系数。蒸发量数据多为实测值,也有部分为气象观测资料间接推算值。

(3) 蒸发量还与植被等因素有直接的关系。覆盖率大,蒸发量小,反之则大。

1.2.3 降水

降水量是以降落在地面上的水层深度来表示,单位为毫米。本区由于受干旱、半干旱大陆季风气候的影响,常年干旱少雨,降雨量少且集中,多分布在7~9月,占全年降雨量的60%。据1957~1970年13年降雨资料统计,本区多年平均降雨量值一般在400~500 mm之间(见表1-6)。

表 1-6 各站多年降雨量情况表

站名	多年平均降雨量/mm	多年平均各月降雨量占年总降雨量百分数/%												日平均最大降雨量/mm
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
洪德	423.4	0.3	0.6	2.2	4.7	9.3	9.2	23.2	23.1	16.5	7.6	3.2	0.1	39.2
环县	477.0	0.5	0.7	2.3	5.4	8.6	7.7	20.6	25.2	17.8	7.7	3.3	0.2	51.1
华池	507.6	0.7	0.8	3.1	6.6	8.2	9.6	19.9	24.5	16.1	6.8	3.5	0.2	49.7
太白	613.9	0.5	1.0	2.9	7.1	8.7	9.3	22.6	18.4	17.9	7.4	3.8	0.4	58.5
庆阳	548.5	0.6	1.0	3.2	6.5	8.9	9.0	19.2	20.9	19.1	7.5	3.7	0.4	49.9
西峰	579.0	0.6	0.9	2.8	7.7	10.7	8.6	19.4	19.3	18.2	7.6	3.8	0.4	49.9
镇原	564.2	0.7	1.0	2.9	7.4	9.6	8.6	19.2	21.5	17.5	7.4	3.8	0.4	57.4
宁县	588.9	0.7	1.1	3.5	7.3	9.9	7.6	19.0	18.8	18.0	8.7	4.8	0.6	51.9
早胜	571.8	0.7	1.3	3.8	8.9	10.5	7.6	16.2	18.8	18.2	9.0	4.6	0.5	45.3
正宁	641.0	0.7	1.5	3.6	7.8	9.2	7.6	17.4	19.8	18.5	9.0	4.4	0.5	49.6

从表 1-6 可以看出本区的降雨量分布有如下特点:

- (1) 降雨量少而集中。
- (2) 降雨量有由东南向西北递减的趋势。
- (3) 降雨量随植被覆盖率的增高而增大。植被茂盛地区,气候湿润,森林能调节气候产生良性循环,形成湿润气候,使降雨量大大增加。表中统计值,凡属降雨量大值,多分布在植被茂盛地区。

1.2.4 暴雨及洪峰流量

1.2.4.1 暴雨

暴雨是降雨的特例。是指在短时间内出现的大量降雨。本区暴雨量在降雨中占较大比重,对年降雨量有直接影响。气象部门为了区别不同级别的降雨强度,将降雨分为小雨、中雨、大雨、暴雨 4 个等级。其中暴雨进一步规定为:24 小时内降雨量超过 50 mm 为暴雨;大于 100 mm 而小于 200 mm 为大暴雨;大于 200 mm 为特大暴雨。

为了解本区各测站的暴雨情况,1973 年庆阳地区水利电力局根据各测站记载的“年最大一日降雨量”资料,采用皮尔逊Ⅲ型曲线和经验适线法,统计并计算了各站不同频率的年最大一日降雨量(见表 1-7)。

表 1-7 中数值计算采用的参数见表 1-8。

表 1-7 各站不同频率的年最大一日降雨量

站名	观测年限	计算均值	采用均值	不同重现期/a								历年实测				
				1 000	500	200	100	50	20	10	5	最大降雨量/mm	t/a	最小降雨量/mm	t/a	
				相应频率/%												
				0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20					
庆阳	23	54.4	55.0	209	191	165	148	129	105	85.7	68.8	115.6	1966	31.5	1969	
曲子	14	51.1	52.3	208	191	167	150	133	109	90.3	71.0	80.0	1935	23.0	1960	
环县	18	50.5	51.0	152	143	129	119	109	93.8	81.6	68.7	85.1	1963	19.7	1960	
洪德	13	39.1	39.8	122	114	102	93.4	83.8	71.6	62.1	51.7	64.1	1968	21.1	1960	
板桥	13	56.6	59.5	211	194	171	154	136	112	94.5	76.7	85.5	1966	28.2	1963	
悦乐	13	56.7	54.4	185	171	152	137	122	102	87.1	71.3	149	1961	29.6	1967	
华池	10	47.6	50.4	182	168	149	134	119	99.6	84.0	67.9	86.2	1971	23.0	1953	
西峰	34	55.5	55.5	211	193	167	149	130	106	86.6	69.4	148.2	1947	34.1	1953	
太白	18	58.3	58.5	128	122	113	107	100	90.2	81.9	72.5	81.2	1960	28.8	1965	
镇原	22	54.4	53.8	164	152	136	124	112	95.8	82.4	68.9	141.9	1960	20.0	1951	
正宁	17	49.9	50.8	124	117	107	97.6	91.0	79.8	71.2	62.0	72.0	1958	32.1	1953	
早胜	15	45.3	46.0	128	120	107	98.6									

为了满足不同地段不同时段等暴雨强度的推求,在综合本区诸多因素的基础上,给出暴雨强度经验公式:

由不同重现期的日降雨量推求小于或等于 24 小时历时的暴雨量为:

$$Ht = 0.424 \times Ha \times t^{0.3}$$