



黄河中游人类活动 对径流泥沙影响研究

张胜利 康玲玲 魏义长 著



黄河水利出版社

黄河水利委员会治黄著作出版资金资助出版图书

黄河中游人类活动对径流泥沙影响研究

张胜利 康玲玲 魏义长 著

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书为黄河中游人类活动对径流泥沙影响研究的专著,内容共7章。第1章为黄土高原的自然侵蚀与加速侵蚀,第2章为黄河流域水沙变化近期趋势及对有关问题的探讨,第3章为黄河中游水利水土保持减沙作用分析评价,第4章为人类活动对河川径流泥沙影响研究实例分析,第5章为开发建设项目新增水土流失预测及入黄泥沙对黄河影响研究,第6章为黄河中游水土保持措施最大减水、减沙量预测分析,第7章为黄河中游水沙变化模式及未来趋势展望。

本书可供水土保持、泥沙研究、生态环境、水利建设等方面专业技术人员和有关大专院校师生以及流域开发治理、工程规划设计、水资源合理利用等有关部门阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河中游人类活动对径流泥沙影响研究/张胜利,康玲玲,
魏义长著. —郑州:黄河水利出版社,2010.6

ISBN 978-7-80734-836-8

I. ①黄… II. ①张… ②康… ③魏… III. ①人类活动
影响-黄河-中游河段-泥沙-研究 IV. ①TV152

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 106366 号

组稿编辑:王 琦 电话:0371-66028027 E-mail:wq3563@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:12.75

字数:295千字

印数:1—1 000

版次:2010年6月第1版

印次:2010年6月第1次印刷

定价:35.00元

序

人类活动对河川径流泥沙影响研究,关系黄河治理的全局,是正确评估水利水保措施等人类活动减少入黄水沙量,全面认识水资源开发利用对水沙条件的影响,做好长期水土保持规划、水资源开发利用规划和流域治理开发规划的一项重要应用基础研究工作。长期以来,黄河水利委员会等有关单位对水利水保措施等人类活动减水减沙作用进行了大量研究,取得了丰硕成果,但由于降水过程的多变性、水利水保措施等人类活动的多样性以及地面物质形态的复杂性,水土保持减沙作用仍存在较大分歧,水沙变化的原因还不够明晰,很多问题尚需深入研究。

黄河水利科学研究院张胜利教授级高级工程师自 1963 年从武汉水利电力大学毕业参加治黄工作以来的数十年间,主要从事水土保持及支流治理规划、水土保持和泥沙研究。在 20 世纪 60 年代、70 年代、80 年代曾三次参加治黄规划,参加编制了皇甫川、三川河、大理河、窟野河等支流综合治理规划,90 年代参加编制了窟野河、孤山川、秃尾河等三条支流综合治理规划及神府东胜矿区治理规划,与有关单位一起长期深入现场调查研究;在水土保持和泥沙研究中,主持或承担国家重点科技攻关、国家自然科学基金、水利部和黄河水利委员会水土保持科研基金等多项重点研究课题。退休之后的 10 多年来,一直参加有关黄河水沙变化的研究,先后参加了“黄河流域(片)防洪规划”专题“黄河中游水土保持减水减沙作用分析”、黄河专项课题“黄河水沙变化及预测分析”、财政部专项项目“全球江河泥沙信息数据库建设”研究课题“黄河水沙变化趋势与水利枢纽工程建设对黄河健康的影响”以及“十一五”国家科技支撑计划“黄河流域水沙变化情势评价研究”等课题的研究。在收集、整理、核实大量基本资料的基础上,对暴雨产流产沙规律、控制水土流失和利用水土资源的措施进行了长期研究与探索,改进提高了水土保持减水减沙效益计算方法,分析了水沙变化的原因,预测了水沙变化发展趋势。以第一作者出版了《水土保持减水减沙效益计算方法》(张胜利、于一鸣、姚文艺,中国环境科学出版社,1994)和《黄河中游多沙粗沙区水沙变化原因及发展趋势》(张胜利、李倬、赵文林,黄河水利出版社,1998);根据前人和自己的研究成果,归纳和汇总了黄土高原侵蚀演变规律、侵蚀分布规律、人类活动对侵蚀的影响、水土流失危害等,撰写了《黄河水土保持志》中第二篇“水土流失”和《黄河科学研究志》中“土壤侵蚀”一章;参编了《黄河流域的侵蚀及径流泥沙变化》(唐克丽,

中国科学技术出版社,1993)、《黄河流域环境演变与水沙运行规律研究》(叶青超等,山东科技出版社,1995)、《黄河中游多沙粗沙区区域界定及产沙输沙规律研究》(徐建华、吕光圻、张胜利等,黄河水利出版社,2000)、《中国水土保持》(唐克丽,科学出版社,2004)、《黄土高原坝系生态工程》(范瑞瑜,黄河水利出版社,2004)等多部专(编)著。

开发建设项目对侵蚀和产沙影响的评价研究在我国是一个新的研究课题,从20世纪80年代中期黄河水利科学研究院首次承担“内蒙古准格尔煤田第一期工程地表形态破坏环境影响评价”以来,多次对开发建设项目新增水土流失进行了预测评价。在“内蒙古准格尔煤田第一期工程地表形态破坏环境影响评价”中,张胜利教授级高级工程师作为项目第一负责人,经过两年多的调查研究、室内外试验和分析计算,首次提出了计算模式和定量化成果,其中,计算模型被编入《工矿水土保持》一书。同时,在这一领域发表了多篇科技论文,如《黄河中游大型煤田开发对侵蚀和产沙影响研究》、《神府东胜煤田开发对水沙变化影响研究》、《内蒙古准格尔煤田开发对侵蚀和产沙影响的研究》等,对指导这一地区开发建设和遏制人为加速侵蚀具有重要意义。

张胜利教授级高级工程师曾荣获多项奖励,其中“三门峡水库泥沙问题基本经验总结”获全国科学大会奖(1978),“黄河流域环境演变与水沙运行规律研究”获中国科学院自然科学一等奖(1995),“80年代黄河水沙特性与河道冲淤演变分析”获河南省自然科学优秀学术论文二等奖和水利部科技进步三等奖(1996),“黄河中游多沙粗沙区水沙变化原因及发展趋势”获黄河水利委员会科技进步一等奖(1997)和水利部科技进步三等奖(1998),“黄河中游多沙粗沙区区域界定及产沙输沙规律研究”获黄河水利委员会科技进步一等奖(2001)和水利部大禹水利科学技术奖二等奖(2003)。

康玲玲教授级高级工程师在参加工作近20年的时间里,先后主持或完成国家自然科学基金、国家“973”项目、国家科技攻关项目、水利部科技创新项目、水利部黄河水沙变化研究基金项目、黄河水利委员会水土保持专项等科研项目以及与治黄密切相关的生产项目50余个。其中,作为主要完成人完成的“水土保持生态环境建设对黄河水资源和泥沙影响评价方法研究”获中国水土保持学会科学技术奖二等奖(2007),“黄河多沙粗沙区分布式土壤流失评价预测模型及支持系统研究”获黄河水利委员会科技进步一等奖(2008),“气候变化和人类活动对黄河中游水资源影响”获黄河水利委员会科技进步二等奖(1999),“黄河水沙特性变化综合分析”获黄河水利委员会科技进步二等奖(2000),“黄河中游干旱规律、影响及预测研究”获黄河水利委员会科技进步三等奖(2005)。

作者经过多年潜心研究,编著了《黄河中游人类活动对径流泥沙影响研究》一书,就黄河中游人类活动对径流泥沙影响的历史、现状、未来进行了分析。该书首先论述了黄土高原的自然侵蚀与加速侵蚀,继而就黄河流域水沙变化近期趋势探讨了黄河中游近期水沙变化原因等有关问题,在回顾评价新中国成立以来水土保持减水减沙研究主要成果的基础上,评述了传统水土保持分析法存在的问题,提出了计算方法改进意见,并通过人类活动对河川径流泥沙影响研究实例分析,对水沙变化情势及原因进行了剖析。同时,对开发建设项目新增水土流失以及黄河中游水土保持措施最大减水减沙量进行了预测分析,并探讨了黄河中游水沙变化模式及未来趋势展望。该书的出版,对促进这一领域的研究有一定的理论和实用价值。

黄河中游人类活动对径流泥沙影响规律和原因是非常复杂的,不确定因素较多,许多问题尚待深入研究,还需要我们继续努力,探索前进,为水土保持和黄河治理作出新贡献。

黄河水利委员会原副主任、黄河研究会理事长

费月维

2009年10月

前 言

人类活动对河川径流、泥沙的影响,一直是人们关注的重要课题,尤其是受人类活动严重影响的黄河,此项研究更显重要。长期以来,黄河水利委员会等单位,对这项研究极为重视,早在 20 世纪 40 年代初期,就在水天和关中建立了水土保持实验区。新中国成立后,黄河中游水土保持科学试验站(所)、有关省(区)和大专院校在水土流失规律与水土保持效益研究方面取得了大量资料及科研成果。近二三十年来开展的国家重点科技攻关项目、国家自然科学基金、水利部黄河水沙变化研究基金、黄河水利委员会水保科研基金以及黄河水利委员会重大项目等,在暴雨产流产沙规律及水利水保措施减水减沙效益研究方面取得了一批新成果。

尽管如此,由于研究的角度、方法、时限及地区的差别,在基本资料的获取、汇总标准、分析计算方法及最终成果上存在认识上和观念上的差异,主要反映在:一是水沙变化原因不够明晰,水土保持减沙作用争议较大。二是水沙变化分析评价方法存在许多理论缺陷,例如,“水保法”的理论前提条件是各项水利水保措施的作用具有线性关系,即流域水沙变化的结果等于各类措施作用的线性叠加,显然,这是不合理的。再如,“水文法”的理论基础是降水径流关系具有不变性,也就是评价期的降水径流关系与基准期的相同,其结果往往会连续枯水期的径流泥沙量估算偏大。三是水土保持措施实有面积及各种措施的减沙指标等基本数据欠准确,影响分析计算精度。

本书是对以上问题进行分析研究后,归纳提出了人类活动对黄河中游径流泥沙影响研究的综合性认识。全书共 7 章。第 1 章为黄土高原的自然侵蚀与加速侵蚀,论述了黄土高原环境与侵蚀的关系,归纳了人类活动影响较小时自然侵蚀量和黄河输沙量以及近 3 000 年来人为加速侵蚀速率与自然侵蚀的数量关系;第 2 章为黄河流域水沙变化近期趋势及对有关问题的探讨,探讨了黄河中游近期水沙变化原因等有关问题;第 3 章为黄河中游水利水土保持措施减水减沙作用分析评价,回顾评价了新中国成立以来水土保持减水减沙研究的主要成果,评述了传统水土保持分析法存在的问题,提出了计算方法改进意见;第 4 章为人类活动对河川径流泥沙影响研究实例分析,评价了黄河中上游水利水土保持减沙作用,分析了河龙区间和典型支流——北洛河水沙变化情势及原因;第 5 章为开发建设项目新增水土流失预测及入黄泥沙对黄河影响研究,分析提出了开发建设项目预测方法,特别是从降水、径流、泥沙关系出发提出的降水产沙模型,对预测开发建设项目新增水土流失具有重要指导意义;第 6 章为黄河中游水土保持措施最大减水减沙量预测分析,结果表明,黄河流域黄土高原地区水土保持措施最大利用径流量约为 44.41 亿 m^3 ,黄河中游多沙粗沙区经过优化综合治理,其最大减沙目标可达 7.36 亿 t;第 7 章为黄河中游水沙变化模式及未来趋势展望,研究认为,黄河中游水沙变化模式多为丰水丰沙变化模式和枯水枯沙变化模式,从黄河中游人类活动对径流泥沙影响现状展望未来趋势可看出,黄河中游人类活动对径流泥沙影响的未来趋势将更趋“两极分化”,即枯水年甚至平水年水沙

来量将进一步减少,而遭遇局部区域性较大暴雨年份将致洪增沙。

本书是作者数十年来从事科学研究的积累,凝聚着作者大量心血,也充满着黄河水利委员会、黄河水利科学研究院许多良师益友的关怀、指导和帮助,以及有关科研院(所、站)、大专院校、地方有关业务部门同仁的大力协助和支持。

参与本书编写工作的还有董飞飞、刘小强、张立平等。值得指出的是,黄河水利科学研究院吴以敦、时明立、姚文艺、赵业安、潘贤娣、左仲国、冉大川、兰华林、刘立斌等领导和挚友,无论是在风雨同舟的查勘调查中,还是在密切合作的研究中,都给予作者大力支持和帮助,本书中也体现着他们的智慧和贡献。

本书承黄河水利委员会原副主任、黄河研究会理事长黄自强作序,谨致衷心谢意。

由于人类活动对径流泥沙情势影响因素极为复杂,再加之我们的水平所限,不足之处在所难免,竭诚欢迎指正。

作 者

2009 年 10 月

目 录

序

黄自强

前 言

第 1 章 黄土高原的自然侵蚀与加速侵蚀	(1)
1.1 黄土高原的自然侵蚀	(1)
1.2 黄土高原的加速侵蚀	(6)
1.3 结论与讨论	(12)
参考文献	(13)
第 2 章 黄河流域水沙变化近期趋势及对有关问题的探讨	(14)
2.1 黄河流域水沙变化近期趋势	(14)
2.2 对有关问题的探讨	(18)
2.3 结论与讨论	(20)
参考文献	(21)
第 3 章 黄河中游水利水土保持减沙作用分析评价	(22)
3.1 水利水土保持现状减沙作用研究的回顾评价	(22)
3.2 水土保持规划减沙作用预估回顾评价	(27)
3.3 水利水土保持减水减沙效益计算方法评价及改进	(34)
3.4 结论与讨论	(43)
参考文献	(44)
第 4 章 人类活动对河川径流泥沙影响研究实例分析	(45)
4.1 黄河中上游水利水土保持措施减沙作用分析	(45)
4.2 黄河河口镇至龙门区间水沙变化成因分析	(52)
4.3 典型支流——北洛河流域近期水沙变化分析	(70)
参考文献	(119)
第 5 章 开发建设项目新增水土流失预测及入黄泥沙对黄河影响研究	(120)
5.1 概 论	(120)
5.2 开发建设项目新增水土流失预测	(128)
5.3 开发建设项目水土流失对入黄泥沙的影响	(143)
5.4 开发建设项目入黄泥沙对黄河的影响	(146)
5.5 结论与讨论	(149)
参考文献	(149)
第 6 章 黄河中游水土保持措施最大减水、减沙量预测分析	(151)
6.1 黄土高原地区水土保持最大减水(利用径流)量预测分析	(151)
6.2 黄河中游多沙粗沙区水土保持措施最大减沙量预测分析	(159)

参考文献	(167)
第7章 黄河中游水沙变化模式及未来趋势展望	(168)
7.1 黄河中游水沙变化模式	(168)
7.2 黄河中游水沙变化模式论证	(171)
7.3 未来趋势展望	(190)
7.4 结论与讨论	(193)
参考文献	(194)

第1章 黄土高原的自然侵蚀与加速侵蚀

黄土高原的侵蚀演变,经历了自然侵蚀和加速侵蚀两个不同的发展阶段。早在史前时期,黄土高原就存在缓慢的自然侵蚀(也称古代侵蚀、地质侵蚀或正常侵蚀);近3 000年来,由于人类活动频繁,发展为加速侵蚀(也称现代侵蚀)。

1.1 黄土高原的自然侵蚀

所谓“自然侵蚀”,是指历史上人类活动对黄河中游地区自然环境的影响小到可以忽略不计,完全由自然状况造成的侵蚀量。“自然侵蚀量”是衡量人类活动对侵蚀产沙影响程度的基础,因此应首先研究黄河中游地区的自然侵蚀数量及其影响因素,以期为今后研究人类活动对黄河径流泥沙演变趋势提供基本依据。

1.1.1 黄土高原古环境演变

黄土高原古环境变迁是发生古代侵蚀的自然背景,概括起来有气候环境和地质环境两方面。

1.1.1.1 气候环境

青藏高原强烈隆起之前,我国的季风气候尚不明显。上新世末更新世初,青藏高原强烈隆起,强化了东亚季风对我国的控制作用,引起了气候带的分异,使广大的西北地区处于非季风区,而黄河流域地处中纬度地带,绝大部分在青藏高原和秦岭的北侧,因此显著感受到这一变化的影响,成为大陆性季风气候。随着青藏高原的继续隆起,使西北地区的气候向着更加干旱的方向发展,降水量大为减少,形成广大沙漠,如新疆塔里木盆地中的沙漠、阿拉善的腾格里沙漠。青藏高原的继续隆起还使得西伯利亚冷高压不断加强,强大的冷气流把中亚内陆戈壁沙漠的大量粉土带到秦岭以北地区堆积,成为黄土物质的主要来源之一。无论是风成黄土,还是水成黄土,它们的结构都是很松散的,抗蚀力很低,这就为侵蚀提供了有利条件。

黄土高原在第四纪内经历过冰期和间冰期(见表1-1),气候有过多次波动。总的趋势是冰期干冷气候对本区的影响一次比一次增强,间冰期的湿热气候一次比一次弱,但没有根本改变黄土高原干旱气候的基本特征。

黄土高原早更新世气候并不十分干燥,这可以从以下方面得到证实:其一,午城黄土底部与第三系或古老地层之间一般自下而上为河湖相的砾石层和砂砾石与黄土状土互层过渡,在午城黄土中见有长鼻三趾马(*Probosidipparion Sinenses*)和短脚野兔(*Hypolagus Brachypus*)等具有森林草原习性的动物化石,啮齿类动物化石较少;其二,植物孢粉除了大部分草本植物花粉外,还有木本花粉,如桦属(*Betula*)、胡桃属(*Juglans*)等。

表 1-1 黄土堆积时期的古气候环境

冰期	时代		堆积物	间冰期或冰后期	时代		堆积物
	地质时代	距今年数(万年)			地质时代	距今年数(万年)	
公王岭	早更新世早期	150 ~ 110	冰碛层	公王岭—水沟	早更新世晚期	110 ~ 100	早期黄土
水沟	中更新世早期	100 ~ 70		水沟—北庄村	中更新世晚期	70 ~ 20	中期黄土
北庄村	晚更新世早期	70 ~ 20		北庄村—太白	晚更新世晚期	10 ~ 7	晚期黄土
太白	晚更新世末期	7 ~ 1		太白—现在	全新世	1 至今	近代黄土

中更新世黄土高原的气候也曾有过多干冷和湿热的波动,湿热期形成的色调棕红,质地较黄土黏重,有明显土柱发生层次的古土壤,干燥期则堆积黄土。中更新世的动物化石以食草性动物为主,如丁氏田鼠(*Myospalax Eontanicri*)、短尾兔(*Ochotonoides sp*)、赵氏田鼠(*Myospalax Chaoyatsenio*)、裴氏转角羚羊(*Spirocerospei*)等。植物孢粉主要是草本蒿属(*Artemisia*)、禾本科(*Gramineae*)、木本植物孢粉数量较少。从动物化石和植物孢粉可以看出,中更新世气候比早更新世气候更为干燥,仍属草原性气候,但中更新世气候波动频率要比早更新世高,这从古土壤层的发育可以得到证明:早更新世只有 6 个成壤层,而中更新世有 13 个湿润程度不同的成壤期。

晚更新世马兰黄土堆积期,黄土高原的气候更加干燥,这可从动物化石和植物孢粉得到证实:动物化石有方氏田鼠(*Myospalax Fontanirio*)、鸵鸟蛋化石碎片(*Struthiolitbus sp*)和平顶蜗牛(*Euloth*)。植物孢粉以草本花粉为主,其中又以反映干燥气候的蒿属(*Artemisia*)花粉为主。晚更新世气候总的特点是比前期更干燥。干湿变化波动小,除高原的东、南部气候稍有微动、发育 1~2 层反映湿热期古土壤外,余者均为结构松散的黄土。

全新世以来,伴随冰川消融、雨水增加、气候转暖和海浸发生,黄河中游进入一个非常适于动植物繁殖和活动的时期。在全新世早期和中期出现的河湖相薄层泥炭堆积,说明这时气候湿润,水汽条件适宜,恰好就在这时,黄河中下游半坡文化、仰韶文化、龙山文化相继出现,然后又迅速发展到了铜器时代和有文字记载的时期。结果导致以黄河流域为中心的全国政治、经济大统一局面的出现。

自从上新世中期北极冰盖逐渐形成,西伯利亚寒冷气团南侵,泛北极植物因而扩展,亚热带成分南退。进入第四纪以后,由于冰期影响,这一趋势更为明显。据第四纪地质、孢粉和黄土微结构对古环境的初步研究,更新世以来,黄河中游大部分时间以蒿、藜、禾草等草本植物为代表的草原和荒漠草原植被为主,气候干冷。在间冰期和冰后期气候回暖时,间以森林草原和针阔混交林草原植被。随着青藏高原和秦岭的逐渐抬升,阻挡了水汽来源,同时又直接遭受西亚干旱沙漠影响,因此气候虽有波动,但仍以干旱寒冷为其总的趋势。在晚更新世晚期,北部又成为荒漠草原,且时有冻土发育。

1.1.1.2 地质环境

黄土高原的地质构造单元属鄂尔多斯地台和祁连山褶皱的一部分。第三纪时,本区的大小湖泊众多,后不断萎缩,至第四纪早、中更新世尚保存的湖盆有共和、银川、河套、汾渭及华北等(见图1-1),而这些湖泊除华北外均为内陆型,且各自形成独立的集水系统。喜马拉雅运动末期的新构造运动,使鄂尔多斯地台缓慢抬升,其周边盆地继续下沉,至早更新世末各盆地水系相互沟通形成统一的黄河水系。鄂尔多斯地台上升,其周边盆地地下沉的地质构造格局贯穿于整个第四纪期间,这种地质构造的格局,决定了黄土高原第四纪期间始终处于遭受侵蚀的地质背景之中。

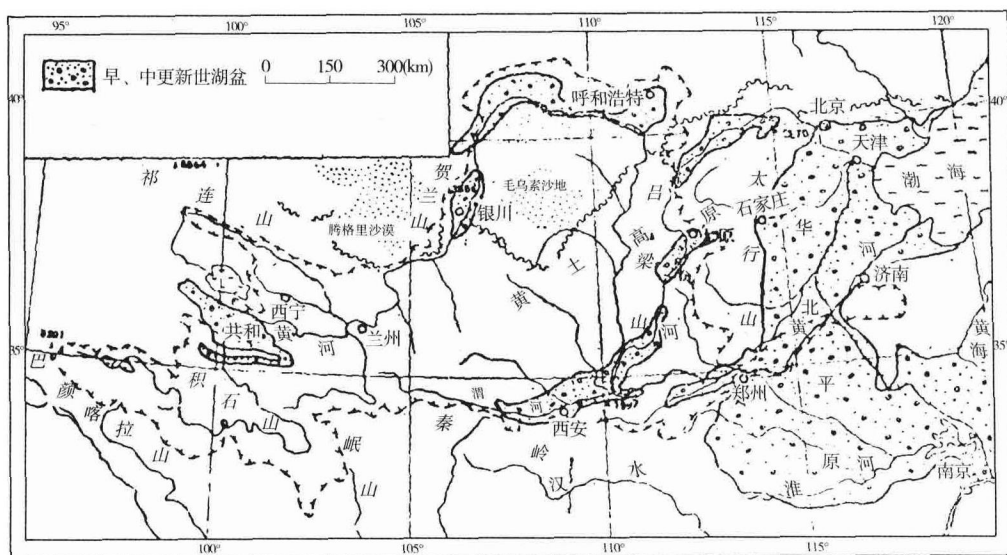


图 1-1 黄河流域早、中更新世湖盆及近代水系略图

黄土高原的大部分地区第四纪以来的新构造运动,一直表现为整体的间接抬升的特点。黄土高原上较大的沟谷和河谷都已切入基岩数十米,而较大的沟谷自全新世以来又从古代沟谷中下切了 10 m 以上。据水准测量资料,银川盆地和汾渭盆地地下沉量 2 ~ 3 mm/a,吕梁山和王屋山的上升量为 1 ~ 3 mm/a,六盘山的上升量为 20 mm/a。由此可见,本区活跃的新构造运动使侵蚀基准面下降,为强烈侵蚀奠定了物质基础。

1.1.2 地质历史时期黄土高原地区的侵蚀

1.1.2.1 黄土的形成与堆积

据现有资料,黄河中游黄土主要形成于干旱草原和森林草原的演替过程当中。早更新世为森林草原,中更新世为草原,晚更新世为干旱草原。在第四纪黄土形成期,气候总趋势由较湿润变为愈益干燥。这在黄土和类黄土沉积中,花粉组合以草本植物占绝对优势,木本植物在中更新世逐渐减少,晚更新世几乎完全消失,以及大量啮齿类动物化石的广泛分布中都可以得到证明。黄土中也有若干埋藏土壤和红色条带,古植物中也有个别湿生类型,但这只是暖湿的短暂颤动和局部水体存在的表现。

从黄土大面积的分布在黄河中游的不同地区,包括不同地貌、不同高度和河流未曾到

达的部位,以及这种分布从西亚到东亚联系起来考察,显然和常年西北风及沙漠的分布有密切关系,再从黄土颗粒组成和风力输送的动力关系去加以检验,黄土形成时,搬运和沉积过程以风力为主,流水因素为辅。根据厚达数十米以至两三百米的黄土层可知,形成这样大量的沉积,也必有前述那样以干冷气候为主的草原和荒漠草原古环境。

黄河流域的黄土堆积大约开始于距今 240 万年前,并且延续到现在。以黄河中游洛川黄土和古土壤的时间序列为例,经研究得知,240 万年前的午城黄土和红黏土的分界,标志着黄土堆积的开始,这也是我国北方第四纪的开始。风成黄土的堆积和当时的气候由暖湿向干冷急剧变化有关。以后,在距今 187 万~167 万年前发育了午城黄土中部的细粒古土壤组合。115 万~80 万年前形成了沙质黄土层,沉积的颗粒较粗。再往后,在距今 50 万年前后又发育了细粒古土壤层,10 万年前形成了多层次的马兰黄土。当前,仍然处于冰后期的暖湿气候为 1 万年来黑垆土发育提供了条件。

黄河中游广泛分布着深厚的黄土,甘肃省地质矿物局水文地质勘测队经钻孔揭示,兰州黄河南西津村黄土层厚度超过 400 m,兰州白塔山北九州台黄土层厚 338 m。其他地区也分布着平均厚度 200 m 左右的巨量黄土(见图 1-2),其中以离石—午城黄土堆积最厚,泾河流域可达 170 m,陕北也有 100~150 m,马兰黄土呈被覆状覆于离石黄土的剥蚀面之上,以六盘山以西的盆地堆积最厚,达 50 m 以上,陕北马兰黄土堆积厚 20~30 m。

黄土高原 200 万年以来黄土的平均堆积速率为 $(0.06 \pm 0.01) \text{ mm/a}$,即 1 万年堆积 0.6 m 左右。

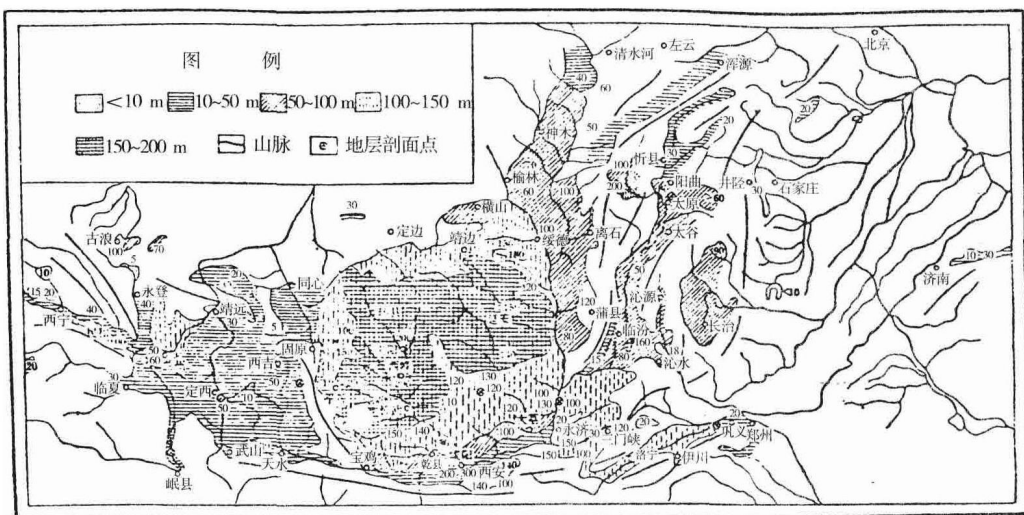


图 1-2 中国黄土厚度分布示意图

1.1.2.2 黄土侵蚀

1) 侵蚀时期

黄土高原的侵蚀与堆积是不连续的,在第四纪地质历史时期中,经历了三个侵蚀堆积旋回,近 1 万年来已进入第四个侵蚀旋回。前三个旋回的周期分别为 10 万年、50 万年和 3 万年。黄土高原的侵蚀发展历史除了上述侵蚀堆积旋回外,在每个大的旋回内还有若干个小侵蚀堆积旋回的更替,尤其是离石黄土堆积期更为明显。据此,可划分为四个侵

蚀期,第一侵蚀期发生于距今 120 万~150 万年,第二侵蚀期发生于距今 50 万~70 万年,第三侵蚀期发生于距今 10 万~20 万年,第四侵蚀期发生于距今 1 万~2 万年。在这四次大的侵蚀期中,影响黄河产沙量的主要是第三、第四侵蚀期。由于侵蚀期之间尚有一漫长的间侵蚀期,故黄河形成后(最早不超过 50 万年),其所挟带的泥沙随不同时期影响因素的变化有很大不同。

2) 侵蚀速率

黄土高原的侵蚀与地质演化史密切相关。全新世以来黄河流域的环境变迁最突出的是中游黄土侵蚀与下游河道的沉积,这个时期黄土高原的侵蚀发展可根据相关沉积的原理及中游流域泥沙输移比接近 1 的事实,从黄河下游不同时期冲积扇的规模来阐述(见图 1-3),这是因为:①华北平原第四纪以来堆积物的 90% 来自黄土高原;②冲积扇区河道淤积量为下游淤积量的 80%。根据地质剖面揭露,全新世早期(距今 11 000~6 000 年)

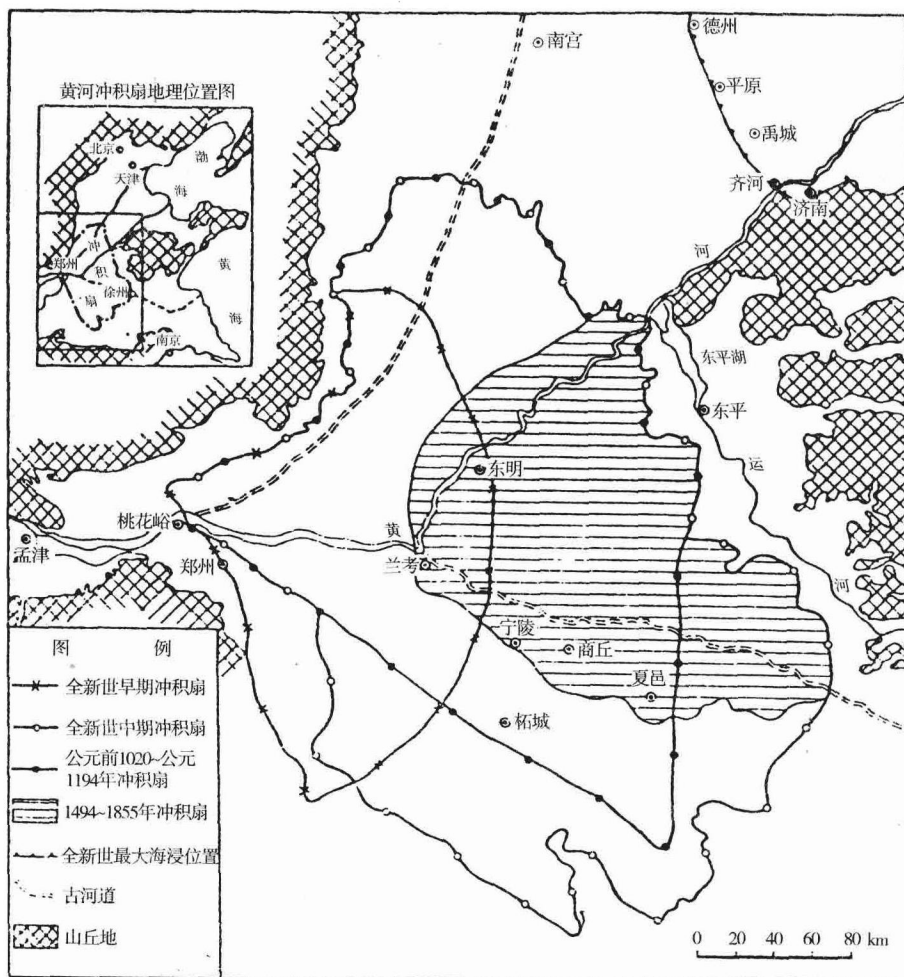


图 1-3 黄河下游不同时期冲积扇分布位置图(据叶青超简化)

的沙层平面分布范围较小,约 $31\,140\text{ km}^2$,由郑州至东明附近沉积厚度一般 20 m 左右。这个时期冲积扇规模小的主要原因是当时河道出山口以后,离海近,长度短,河床的纵比降大(4.42%),大量的泥沙被带到外海沉积;其次,则可能当时的侵蚀量相对较小,粗估每年平均约有 2.43 亿 t 泥沙在下游堆积。由于此时河床比降大,输沙入海较多,中游黄土侵蚀量应比次数为大。全新世中期(距今 $6\,000\sim3\,000\text{ 年}$),仍属自然侵蚀过程,人类活动规模和范围都极其有限,但冲积扇较大,由郑州向东延至东平湖附近,北至威县、临清一带,南至徐州附近,总面积 $40\,459\text{ km}^2$,堆积厚度 $25\sim30\text{ m}$,粗估每年平均约有 4.35 亿 t 泥沙在冲积扇堆积, 2.16 亿 t 泥沙在外海堆积,总堆积量达 9.75 亿 t 。

中国科学院地理科学与资源研究所李远芳(1991)依据历史记载,在查清西汉黄河主河口位置和三角洲范围的基础上,推算了三角洲堆积特征与流域产沙量。推算表明,西汉时期黄河下游至河口泥沙总淤积量每年约 6.5 亿 t 。考虑到黄河中游有 90% 的泥沙来自中游的黄土高原,当泥沙输移比接近 1 时,则黄土高原土壤侵蚀值当时约为 6 亿 t ,大体接近自然侵蚀量。

综上所述,先秦以前和先秦至西汉时代黄河中游的土壤侵蚀量可以粗略估算出来,其值为 $6\text{ 亿}\sim10\text{ 亿 t}$,并视为黄河中游土壤自然侵蚀量。尽管推估的数字不一,但从定性来看,表明地质时期以来,黄河就是多泥沙的河流,其后随自然因素和人为因素影响而变化。

1.2 黄土高原的加速侵蚀

1.2.1 侵蚀环境

影响土壤侵蚀的环境因素主要有气候因素、植被因素和人口变化因素。

1.2.1.1 气候的变迁

关于历史时期气候的状况,许多学者都进行了大量的研究工作,得出了一些科学结论。尽管还有人继续坚持历史时期的气候并无多大变化的观点,但多数学者根据大量的、可靠的资料证明,历史时期的气候确有变化,而且在某些时期还表现得十分显著。已故的我国地理学界的老前辈竺可桢先生的《中国五千年来气候变迁的初步研究》就是我国历史时期气候研究成果的总结。 $5\,000\text{ 年}$ 来的中国气候,大致可分为四个温暖期和四个寒冷期。

1) 四个温暖期

(1) 公元前 3000 年 到公元前 1000 年 左右为第一个温暖期。

大量的考古材料和物候材料证明,在这个漫长的历史时期,我国的气候大致以温暖为主,当然也不排除短暂的寒冷时段的出现。由于对这个时期气候状况的推断,主要以考古材料为依据,所以竺可桢先生把它称为考古时期。西安半坡、安阳殷墟考古材料所反映的气候状况都可作为代表。

西安半坡遗址位于浐河东岸, ^{14}C 测定年代距今 $5\,600\sim6\,080\text{ 年}$,是 $1954\sim1956\text{ 年}$ 发掘的。在发掘的兽骨中有大量的竹鼠、獐(河鹿)和斑鹿(梅花鹿类)的骨骼。竹鼠是生活在竹林中的动物,斑鹿善于奔跑,经常驰骋在森林之中,而獐则主要活动在沼泽附近的草

丛之中。由此证明,当时的西安地区不仅有森林深邃的丘陵和丛草茂密的沼泽,并有广阔的竹林夹杂其间。从上述热带动物能在西安地区生存来看,当时西安地区的气候显然比现在温暖得多。另外,从半坡人能在浐河中捕获大量的游鱼可以证明,当时浐河的水量相当丰沛。

安阳殷墟是殷商故都的遗址,位于河南安阳市西北的小屯村。1920年发掘,这里发现的热带和亚热带动物,除竹鼠、水獐外,还有獾和水牛等动物的骨骼。同时,甲骨文还有捕获大象的记载。今河南省简称豫,即古代豫州的所在。豫字的形象字,实际上是一个人牵着一只大象的标志。

(2) 公元前 770 年到公元初为第二个温暖期。

从春秋时代开始的温暖期一直持续到西汉末年,主要表现在黄河流域冬天结冰期短,梅树和竹类的广泛分布。据《春秋》记载,地处今山东中南部的鲁国,隆冬季节,冰房里竟往往得不到冰。商周时代,梅子是人们生活中的必备调味品,几乎像盐一样重要,“若作和羹,尔惟盐梅”(《尚书·说命下》)。

(3) 公元 600 年到公元 1000 年为第三个温暖期。

这是从隋代开始历经盛唐一直到北宋初年的又一个温暖期。隋、唐均建都长安(今西安),到了 7 世纪中叶,长安连续多年冬季无雪、无冰(公元 650、669、678 年),唐代时的国都长安还有梅树和柑橘的种植。

(4) 公元 1200 年到公元 1300 年为第四个温暖期。

这个温暖期历时很短,大约只有一个世纪,即从南宋中叶到元初的一段,而且暖湿的程度也不如前几次那么明显。

这 5 000 年期间所出现的四个温暖期,持续时间越来越短,从 2000 年、800 年、400 年到 100 年;温暖的程度也越来越低。

2) 四个寒冷期

与上述四个温暖期相间的为四个寒冷期。

(1) 公元前 1000 年左右到前 850 年为第一个寒冷期。

这是 5 000 年来最早出现的寒冷期,也恰好是我国历史上最后一个奴隶制时代的西周时期。

(2) 从公元初到 600 年为第二个寒冷期。

这一时期历经东汉、魏晋、南北朝,前后持续将近 6 个世纪。

(3) 从公元 1000 年到公元 1200 年为第三个寒冷期。

这在我国历史上恰好是两宋时代,北宋建都开封,南宋建都杭州。

(4) 从公元 1400 年到公元 1900 年为第四个寒冷期。

这四个寒冷期与上述四个温暖期的趋势恰好相反,寒冷期愈来愈长,强度也越来越大。

3) 气候寒暖变化特点

竺可桢先生把 5 000 年来中国气候寒暖变化划分为考古时期、物候时期、方志时期和仪器观测时期,其结论为:

(1) 在这 5 000 年的最初 2 000 年,即从仰韶文化到安阳殷墟,大部分时间的年平均