



黄土高原

水土保持新论

—— 基于降雨地表径流调控利用的水土保持学



吴普特 高建恩 著



黄河水利出版社

中国科学院知识
创新工程资助出版

黄土高原水土保持新论

——基于降雨地表径流调控利用的水土保持学

吴普特 高建恩 著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书针对黄土高原水土保持与生态环境建设过程中面临的干旱与水土流失这一对主要矛盾,在深入分析其存在根源和深刻反思以往治理实践的基础上,提出水土保持的降雨径流调控与水土资源持续高效利用理论,系统介绍了它的概念、内涵和体系构成,着重阐述了基于该理论的水土保持动力学概念模型、用于治理效果评价的侵蚀水当量指标,以及相应的研究方法手段。在此基础上,论述了降雨径流调控与水土资源高效利用理论在黄土高原水土保持中的新尝试与新探索,并对 21 世纪黄土高原水土保持的创新与发展进行了积极的展望和客观的思考。可供从事黄土高原水土保持与生态环境建设以及从事农、林、牧科研和生产的科技人员参考,亦可供相关大专院校师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原水土保持新论:基于降雨地表径流调控利用的水土保持学/吴普特,高建恩著. —郑州:黄河水利出版社,2006.9

ISBN 7-80734-139-4

I. 黄… II. ①吴… ②高… III. 黄土高原-水土保持-研究 IV. S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 113876 号

组稿编辑:雷元静 电话:0371-66024764

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940 传真:0371-66022620

E-mail:hhsicbs@126.com

承印单位:河南第二新华印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:14.25

字数:248 千字

印数:1—1 500

版次:2006 年 9 月第 1 版

印次:2006 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80734-139-4/S·88

定 价:45.00 元

序

黄土高原面积约 64 万 km^2 , 是中华民族繁衍生息之处, 更是古代中华文明的发祥地。但是, 由于严重的季节性干旱和频繁的暴雨径流冲刷, 使得严重破坏后的森林植被难以恢复, 进而破坏了黄土独有的“点棱接触支架式多孔结构”, 从而降低了黄土的抗冲性, 引发了世界上最为严重的水土流失。干旱与水土流失这一矛盾, 既困扰黄土高原经济社会发展, 也成了新形势下黄土高原生态环境建设面临的重大课题。随着该地区的经济发展和人口膨胀, 不合理的人类活动将进一步加剧水的供需失衡。可以肯定, 水土流失与干旱缺水对当前及今后一个时期的黄土高原生态环境建设和社会经济发展的影响将更加突出。

水是一切生命之源, 土又是万物生存的基础和营养物质的策源地。黄土高原的整治工作已成为当今非常重大的协调人与自然关系的系统工程, 它不仅关系着黄土高原本身的土地利用和农业生产持续发展, 同时也与黄土高原西北边缘地带的土地沙化及其防治、黄土高原北部能源基地综合开发与生产环境改善, 以及根治黄河水患、调节增进我国大西北地区的生态与环境建设等息息相关。

黄土高原国土整治的“28 字方略”, 从提出到现在已经有 20 余年。作为黄土高原综合治理的基本指导思想, 在黄河上中游管理局水土保持科学试验站、黄土高原水土保持综合试验示范试区、无定河流域、定西、晋西北地区, 以及 200 多个水土保持群众治理样板小流域中都得到了证明, 并取得了丰硕的成果。“28 字方略”的核心是“全部降水就地入渗拦蓄”, 本质是通过“截、渗、汇、蓄、用”径流调控的综合手段, 恢复重建黄土高原土壤水库的巨大蓄水功能, 持续高效利用水土资源, 防治水土流失, 改善生态环境, 再现一个秀美山川。

《黄土高原水土保持新论》一书,是其作者在多年试验研究的基础上,对前人黄土高原水土保持实践经验理性升华的结晶。她不但指出降雨径流调控是解决黄土高原水土流失与干旱缺水这一矛盾的有效途径,更强调了水土资源持续高效利用是水土保持工作的最终落脚点。这不但是对黄土高原国土整治“28字方略”内涵的新概括、新实践,更是对21世纪黄土高原水土保持科学技术的创新与发展。

值得欣慰的是,书中提出了诸多有普遍指导意义的概念,阐明了其内涵,如水土保持动力学概念模型、侵蚀水当量指标等,尤其是在对相关研究方法与手段进行介绍的基础上,结合大量实际工作,论证了降雨径流调控与水土资源高效利用理论的科学性和对黄土高原水土保持工作的现实指导意义。

当前,中共中央提出建设“生态节约型、环境友好型社会”。“治水之道在于治源”,“水用之则利,弃之则害”,广大水土保持科技人员和干部要迅速转变治水观念,充分发挥土壤水库的巨大调节功能,强化对降雨径流的调控利用。这一点在黄土高原尤为重要。

相信本书的问世,必将引起世人对黄土高原水土保持工作的进一步思考,进而推动黄土高原水土保持事业不断进步,则再现黄土高原史前青山绿水、沃野千里的大生态景观指日可待矣。

朱显谟

2006年8月于西安

前 言

这可能不是一本系统的有关黄土高原水土保持的专著,但她很可能是引领未来黄土高原水土保持研究的一种理念与思路,也可能是一本 21 世纪中国水土保持科学自主创新与跨越的宣言。我们希望她能为支撑黄土高原水土保持与生态环境建设的发展做出贡献,更期盼她能引领 21 世纪中国水土保持科学的创新与发展。

编写这部宣言,并非我们一时的冲动,而是横跨两个世纪思考与研究的结晶,更是在老一辈科学家研究基础上的发展与探索,当然最为重要的则是出于我们的责任,我们有责任、有义务来改变黄土高原贫穷落后的面貌,更有责任通过我们的劳动提出解决该区干旱缺水与水土流失并存的难题的方法。正是基于这种目的,我们经过 20 余年的思考,又经过 10 余年的探索与实践,才使这一想法变为现实。

我们编写这部书的目的,正是要告诉世人我们找到了一种同步解决黄土高原水土流失与干旱缺水并存这一难题的方法,那就是通过地表径流的调控消除水土流失动力,通过调控径流的利用缓解区域干旱缺水的矛盾,从而实现同步解决这两大难题的科技目标。之所以称之为新论,也就是基于此。

当然,这也仅仅是通过我们的思考、探索、研究与初步实践提出了一个框架性的思路与方法,后续要做的工作还非常之多。但她毕竟是一种科学的理念与宣言,更是我们劳动所取得的收获。适逢培育我们成长的中国科学院水利部水土保持研究所建所五十周年之际,我们将她呈献给大家,也算是我们献出的一份礼物!正是出于这种感情和心态,才增加了我们的胆识和勇气,尽管书中还存在许多缺点和不足,甚至错误,但我们还是把她奉献给大家。

请大家在把这本书当做一部宣言的同时,更把她当做一个亟待完善的论题,这样大家就更容易批判、纠错,并使之不断成长、完善。

本书先后得到国家 863 计划重大专项“新型高效雨水集蓄与利用技术研究(2002AA2Z4051)”、科技部农业科技成果转化资金(02EFN217101279)、西部开发科技行动计划(2002BA901A26)、中国科学院水利部水土保持研究所知识创新领域前沿(C23013700)项目支持。书稿撰写主要由吴普特、高建恩完成。冯浩、牛文全、杨世伟、赵西宁、樊恒辉、朱德兰、孙胜利、唐小娟、李巧珍、

吴淑芳、舒若杰、田栋、戚鹏、田照明、韩文霆、王广周等同志分别参与该书部分工作。在成书过程中,汪有科研究员、范兴科研究员提出了宝贵意见。作者所在单位中国科学院水利部水土保持研究所、西北农林科技大学为研究提供了便利条件。成书之际,中国科学院院士朱显谟教授欣然作序。中国科学院水利部水土保持研究所知识创新项目给予资助出版。在此一并表示谢忱。

作者

2006年7月30日

目 录

序	朱显谟
前 言	
第一章 引 论	(1)
第一节 一对难以调和的矛盾	(1)
第二节 水土何为中心	(9)
第三节 换一种思路分析问题	(13)
第二章 何为新论	(24)
第一节 新论的构建	(24)
第二节 动力学概念模型	(29)
第三节 技术体系	(33)
第四节 侵蚀水当量	(36)
第三章 方法与手段	(45)
第一节 定位观测	(46)
第二节 降雨模拟试验技术	(53)
第三节 实体模型模拟	(67)
第四节 数学模拟	(71)
第五节 新技术应用	(78)
第四章 尝试与探索	(93)
第一节 降雨径流调控参数	(93)
第二节 降雨径流调控材料	(108)
第三节 坡面降雨径流调控	(147)
第四节 小流域综合调控模拟	(171)
第五章 展望与思考	(207)
第一节 展 望	(207)
第二节 思 考	(209)

第一章 引论

西起日月山、东至太行山、北起阴山沿线、南迄秦岭,面积约 64 万 km² 的黄土高原,曾经是“水草肥美、牛羊塞道”、“桑麻翳野、万木高森”、生态植被良好的繁荣富庶之地,素有“中华民族摇篮”之美誉。这里不但是中华民族的发祥地、祖国灿烂文化的摇篮,也曾为中华民族的形成和发展以及世界文明做出过重要贡献。但是,由于严峻的生态与环境现状,尤其是干旱缺水与水土流失并存的客观现实,使这片古老土地的持续发展受到了挑战与限制。

虽自新中国成立以来,国家对黄土高原的治理给予了高度重视,在水土保持和生态环境建设方面投入巨大,取得了较大的成绩,但由于对黄土高原水土保持工作的艰巨性、复杂性认识不足,时至今日,这项工作仍存在片面、盲目、被动及生产上的滞后性^[1],加之自然和人为因素的影响,区域发展面临的主要问题仍然是如何缓解干旱缺水与水土流失并存的现实突出矛盾。此种局面不但限制着该地区区域经济的发展,而且已经影响到中东部地区乃至全国的生态安全。随着我国经济社会的发展,特别是西部大开发、全面建设小康社会的快速推进,水土资源的日益紧缺对水土保持与生态环境科学研究与发展提出了愈来愈高的目标与要求。面对这种态势,有必要对新形势下黄土高原水土保持科学研究中的一些基本理论问题进行思考。

第一节 一对难以调和的矛盾

要保护自然,必须先了解自然、适应自然,然后才能谈得上利用和改造自然。这是一般的科学规律。要从根本上治理黄土高原水土流失,就必须首先认识黄土高原的生态与环境。水土流失和干旱缺水并存是该地区头号生态与环境问题,亦是一对难以调和的矛盾。解决这一矛盾,对黄土高原生态与环境建设及黄河生命健康具有重要意义。

一、水土流失

当前,水土流失被公认为我国头号环境问题。黄土高原作为世界上土壤侵蚀最严重的地区更是举世瞩目。据 1990 年全国土壤侵蚀遥感普查资料,黄

土高原侵蚀模数大于 $1\ 000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的轻度以上水土流失面积为 45.4 万 km^2 ,占全区土地总面积的 70.9% ,其中水蚀面积 33.7 万 km^2 ;侵蚀模数大于 $8\ 000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的极强度以上水蚀面积为 8.51 万 km^2 ,占全国同类面积的 64.1% ;侵蚀模数大于 $15\ 000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的剧烈水蚀面积为 3.67 万 km^2 ,占全国同类面积的 89.0% ^[2]。局部地区的侵蚀模数甚至超过 $30\ 000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。黄河中游 43 万 km^2 多年平均侵蚀模数约为 $3\ 700\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,为全世界土壤平均侵蚀模数 $134\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的 27.5 倍。自黄土高原冲刷外移的巨额泥沙,通过小溪山涧,汇集于大江巨河,使我国西北及华北地区的一些河流的含沙量之高,世界无出其右。黄河总输沙量和平均含沙量均居世界首位^[3](见表 1-1、表 1-2),且比居世界输沙量第二位的印度、孟加拉国的恒河的平均含沙量 $3.92\text{kg}/\text{m}^3$ 高近 10 倍。而发育于黄土高原的黄河支流的极大部分河流汛期的含沙量更高^[3](见表 1-3)。如黄河支流祖厉河的多年平均含沙量就接近 $600\text{kg}/\text{m}^3$ 。有些河流含沙量实测可以高达 $1\ 400\sim 1\ 600\text{kg}/\text{m}^3$,亦即泥沙的体积占水体体积的 60% 。古语说“泾水一石,其泥数斗”,指的就是这种严重的水土流失情况。

表 1-1 世界主要河流输水量及输沙量的比较(国外部分)

国别	河流	流域面积 (km^2)	年水量 (亿 m^3)	年输沙量 (亿 t)	平均含沙量 (kg/m^3)
美国	科罗拉多河	637 000	49	1.35	27.5
印度、孟加拉国	恒河	955 000	3 710	14.51	3.92
美国	密苏里河	137 000	6 160	2.18	3.54
巴勒斯坦	印度河	696 000	1 750	4.35	2.49
孟加拉国、印度	布拉马普特拉河	666 000	3 840	7.26	1.89
埃及、苏丹	尼罗河	2 978 000	892	1.11	1.25
越南	红河	119 000	1 230	1.30	1.06
缅甸	伊洛瓦底江	430 000	4 270	2.99	0.70

黄土高原严重的水土流失首先为中华民族的母亲河——黄河及其支流的开发利用带来严重的问题。例如,黄河洪水一直是中华民族的心腹之患。由于黄土高原粗沙区严重的水土流失使每年平均约有 4 亿 t粗泥沙淤积在下游河道,致使河床的年抬高速率达 10cm 左右,直接导致黄河下游严峻的防洪形势。

表 1-2 中国部分河流水流量及沙量比较

流域	河流	流域面积 (km ²)	河长 (km)	水文 测站	年水量 (亿 m ³)	年沙量 (亿 t)	平均 含沙量 (kg/m ³)	最大 含沙量 (kg/m ³)	侵蚀 模数 (t/(km ² ·a))
黄河	黄河	752 400	5 464	三门峡	422	16.40	37.6	911	2 480
长江	长江	1 807 200	6 300	大通	9 211	4.78	0.54	3.24	280
海河	永定河	50 800	650	官厅	14	0.81	60.8	436	1 944
淮河	淮河	261 500	1 000	蚌埠	261	0.14	0.46	11.0	153
辽河	辽河	166 300	1 404	铁岭	56	0.41	6.86	46.6	240
	大凌河	23 200	360	大凌河	21	0.36	21.9	142	1 490
珠江	西江	355 000	2 055	梧州	2 526	0.69	0.35	4.08	260

表 1-3 黄河主要支流多年平均输沙量与侵蚀模数

河流名称	水文 测站	流域 面积 (km ²)	年均 输沙量 (亿 t)	含沙量 (kg/km ³)	侵蚀模数 [t/(km ² ·a)]	资料 年限
黄河	陕县	687 869	16.000	37.7	2 330	1919~1959
皇甫川	皇甫	3 199	0.607	296.0	19 000	1953~1970
窟野河	温家川	8 645	1.360	174.0	15 700	1953~1970
佳芦河	申家湾	1 121	0.344	311.0	30 700	1957~1970
无定河	川口	30 217	2.120	138.0	7 030	1956~1970
大理河	绥德	3 893	0.634	343.0	16 300	1935~1970
清涧河	延川	3 468	0.484	314.0	14 000	1954~1970
延河	甘谷驿	5 891	0.599	255.0	10 200	1952~1970
北洛河	交口	17 180	0.916	188.0	5 330	1952~1970
泾河	张家山	43 216	2.960	177.0	6 860	1932~1970
渭河	咸阳	46 827	1.790	31.0	3 830	1934~1970

注:根据唐克丽汇编黄河水利委员会水土保持处基本资料。

黄河支流及其洪水多由暴雨造成,峰高量大,陡涨陡落,严重淤积的河槽来不及宣泄,一旦决口,数千里原野尽成泽国。黄河下游自周定王五年到新中国成立以前的 2 500 多年中,决口泛滥 1 593 次,较大的改道就有 26 次。北宋

以后,平均说来,更是无岁不决,水灾波及的地区北至天津,南到淮河。新中国成立后,虽经多方治理,确保 50 余年安度伏秋大汛,河决泛滥、一片汪洋、田庐人畜荡然无存的凄凉情景再未出现,但就 60 年长系列资料分析,由于黄土高原水土流失的泥沙来量减少不多或未见改变^[3,4],黄河河道的淤积仍在发展,现有河道经过长期行水,已经成为横亘华北大平原的分水岭,北危京津政治经济中心、南胁江淮粮仓、东扫油田能源基地。而且千里大堤易溃蚁穴。如此严峻的态势源于黄土高原之严重的水土流失。不仅如此,黄土高原水土流失还造成水库、渠道严重淤积,港湾河口严重堵塞,极大地影响着沿河流域工农业生产 and 人民群众生活。

严重的水土流失不但对黄河下游及其支流防洪及水资源开发利用带来严重困难,同时也使黄土高原的表面被冲刷得沟壑纵横、地形破碎、植被破坏、物种退化,进而加剧了风蚀、水蚀、重力侵蚀的交互肆虐,增大了雨洪及干旱灾害的发生频率。加之不合理的人类经济活动,从而形成生态环境的严重恶化。如仅就黄河的 16 亿 t 输沙量来说,约有 8 亿 t 泥沙是来自坡面较肥沃的表土层。按耕层厚度为 20cm 计,黄土高原相当于每年损失有效耕地 33 万余公顷。严重的水土流失,使之可利用土地日渐瘠薄,为求生存,滥垦、滥牧、滥樵、滥伐、滥采之风屡禁不止,甚至有增无减,从而造成遇雨泥水横流、遇风风沙肆虐,水土流失日趋严重,造成“越垦越穷、越穷越垦”的恶性循环。

黄土丘陵区的土壤侵蚀之所以如此强烈,有自然的原因,也有社会经济的原因。自然方面主要是黄土土质疏松易散,地形破碎,地势陡峭,植被覆盖状况差,降雨年内分布不均及降雨强度大等。社会经济方面,主要是长期以来居住在这里的人们开荒种地,破坏植被,从事单一的农业经营,不断扩大耕地面积,未能因地制宜地合理开发利用土地资源。特别是最近半个世纪以来,由于人口迅猛膨胀,大大超过自然资源和发展的负荷量,致使该地区生态平衡严重失调,人均耕地面积减少,人均占有粮食下降,温饱无法解决,不得不加大垦荒种植力度,使自然植被面积锐减,进一步加剧了土壤侵蚀。

(一)黄土的特殊结构,有利于降雨径流侵蚀

在水土流失过程中,土壤是被侵蚀的对象,是侵蚀发生发展的载体。土壤本身对各种侵蚀营力的作用具有一种抗性,主要表现为抗蚀性和抗冲性两个方面。其各种理化性状是影响这种抗侵蚀性能的重要因素,包括土壤结构、颗粒组成、有机质含量、团聚体稳定性、孔性、渗透性及生物活性等。总的来说,土壤侵蚀随土壤黏粒和有机质含量、团聚体稳定性、持水性、饱和导水率以及生物活性的增加而降低^[5]。

黄土高原主要覆盖具“点棱接触支架式多孔结构^[6]”的多柱状马兰季黄土,土质疏松,土壤中砂粒及粉砂粒含量高(超过 60%),黏粒少,有机质含量低,缺乏团粒结构,颗粒间黏结力弱,稳定性极差,遇水很容易分散、崩解,抗侵蚀能力十分弱。

地形既是区域内土壤侵蚀长期作用的结果,同时又是土壤侵蚀的重要影响因素。它通过对气候、植被等其他自然条件分布状况的影响,直接或间接地影响土壤侵蚀发生发展的规律。黄土高原境内土地破碎、沟壑纵横、地势陡峭,沟壑密度 $4\sim 7\text{km}/\text{km}^2$,有的高达 $10\text{km}/\text{km}^2$,可为侵蚀提供大量的临空面和改变降雨径流的动能,并且容易诱发重力侵蚀。

(二)降水时空分布不均,加剧土壤侵蚀

受东亚季风气候的影响,黄土高原降水无论在时间上还是在空间地域上,都呈现出分布不均的状况。这种状况极大地加重了黄土高原的水土流失。从时间上看,绝大部分地区降雨均集中在 6~9 月份,特别是 7、8、9 三个月,各月的降雨量分别占全年的 22%~25%。汛期降水通常占全年降水总量的 75%~85%。降水的高度集中,导致水土流失严重、河流含沙量高、水资源难以利用。在夏季,多为难以控制利用的洪水;而在漫长的枯水季节,河流水资源仅占全年总量的 20%~30%,河流基流量甚至低于 30%。另外,水资源的年际变化也很大,连续丰水年和连续枯水年交替出现。同时,受降水量相对减少及对水资源需求的迅速增加,加之降水与该地区主要作物的需水时间严重错位,大大加剧了水资源的供需矛盾,严重导致干旱缺水发生。从区域上看,西北黄土高原地区降水空间分布不均,呈现从东南向西北递减的趋势。秦岭北坡的大峪年降水量可达 941.9mm,而在西北干旱地区,最少的年降水量还不足 200mm,相差 4~5 倍。

黄土高原几乎包含了所有的土壤侵蚀类型,但主要以水力侵蚀为主。降雨是水土流失的主控因子,是土壤侵蚀发生发展的主要动力因素之一。降雨通过雨滴动能的打击作用分散和溅蚀土壤颗粒,并由形成的地表径流冲刷和搬运土壤。此外,它还参与形成土壤自身的一些特征,以一种综合的效应影响侵蚀过程。

黄土高原降雨的年际、年内分配极不均匀,特别是侵蚀性降雨集中面大,是造成土壤侵蚀的重要原因。事实上,黄土高原的土壤侵蚀,主要是由少数几次大雨或暴雨引起的。暴雨笼罩面积大,为 5 万~15 万 km^2 ,日最大降雨量高达 100~150mm,并且大多集中发生在 6、7、8、9 四个月内,其降雨量占全年总降水量的 60%~75%;这几个月的侵蚀性降雨量(能够形成地表径流,从而

引起水土流失的降雨量)约占全年侵蚀性降雨量的 90%,土壤侵蚀量可达全年总侵蚀量的 90%以上^[7](见图 1-1)。例如,1977 年延河流域发生特大暴雨,7 月 4~6 日的暴雨中心安塞招安乡降雨 228mm,历时 30h,7 月 6 日实测甘谷驿水文站 1d 输沙量为 9 070 万 t,为多年平均输沙量的 1.5 倍。

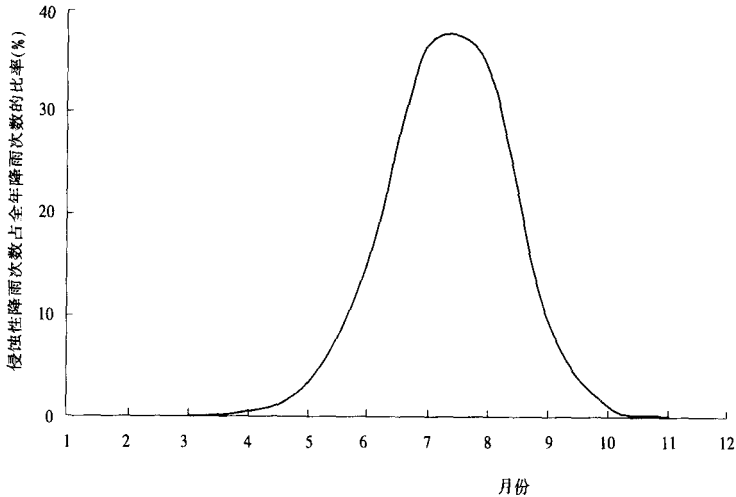


图 1-1 黄土丘陵区侵蚀性降雨年内分布

暴雨径流是造成黄土高原侵蚀产沙和黄河输沙的主要原因。周佩华等^[8]提出,在黄土高原,严重的土壤侵蚀主要由少数几场暴雨或大暴雨所引起,大多数降雨一般是不产流的。暴雨雨滴大、产流多,侵蚀能量大,是导致严重土壤侵蚀的主要动力。另外,通过对 1955~1986 年有关资料的统计分析,王万忠、焦菊英^[9]发现黄土高原年均侵蚀产沙量 15.2 亿 t,其中最大年(1958 年)为 32.83 亿 t,最小年(1986 年)为 5.96 亿 t,最大年产沙量为最小年的 5.5 倍,为年平均产沙量的 2.2 倍。在统计的 32 年中,最大 1 年的产沙量约占 32 年总产沙量的 7%,最大 3 年的产沙量占总产沙量的 20%,最大 5 年的产沙量占总产沙量的 33%。产沙量年际分布很不均匀,但与降雨年际分布不均一致。输沙量的变化同暴雨特别是黄河中游的暴雨具有明显的相关关系,且输沙量可以与河口镇—陕县区间的平均降雨量具有良好的线性关系。说明暴雨径流是黄土高原侵蚀产沙的主要原因。

二、干旱缺水

干旱通常指水资源总量少,不足以满足人的生存和社会、经济发展和生态

需水需要的气候现象。主要是偶然性或周期性的降水减少引发的干旱灾害。黄土高原干旱尤为严重。历史上由于干旱,“人相食”的记载不绝于史册。17世纪前期以陕北为中心的大旱灾和随之而来的饥荒、瘟疫直接造成了明王朝的灭亡;特别是1640年大旱,“全陕大旱饥,人民十死八九。河南35州县旱,豫西、豫北特大旱,黄河枯”。根据研究,陕北黄土高原丘陵区干旱灾害频率增大,1619~1940年的321年间,共发生旱灾131次,平均2.5年发生一次。1950年以来,平均每两年发生一次。1927~1929年为连续三年大旱,尤以1928年为甚。1928年起,一场大旱灾在华北、西北持续数年,并波及江淮、西南等地。黄土高原地区是当时旱灾的中心,仅陕西一省至少饿死300万人,数百万人流离失所。新中国成立以后的1961、1972年,陕北地区又先后几次遭受大旱,国家动用了大量汽车夜以继日地向灾区运粮。即使到现在,由于干旱,黄土高原地区粮食产量仍然长期低而不稳,部分农村人口的温饱问题还未得到完全解决。

黄土高原地处内陆,为典型的大陆性季风气候,冬季干燥寒冷,夏季湿润炎热,相对来说降水稀少:多年平均降水量150~750mm,大部分地区年水面蒸发能力1500~2000mm,为年降水量的2~8倍;干燥度大,易于发生干旱灾害。

除了降水稀少外,降水的年际分布不均,也导致黄土高原干旱突出,而且连旱集中。研究表明^[9],1470~1979年的510年中黄土高原发生旱灾67次,共计146年,其中连旱31次,持续107年,占旱灾年数的75%,平均每一次连旱持续3.5年。新中国成立以来黄河中上游地区的旱涝指数见表1-4。不难预料,类似的“十年九旱”恐怕仍是黄土高原地区未来社会经济发展难以逾越的障碍。

降水不但年际分布不均,年内分布更是不均匀。这样加剧了旱灾的发生。黄土高原70%以上的降水集中在夏、秋两季,特别是6~9月,而春旱严重影响农业生产。在经常性旱灾的同时,少数年份也会暴雨成灾,但因为暴雨洪水中泥沙含量大,难以高效利用,实际可利用的降水要远小于多年平均值,也加剧了干旱的发生。上述作用的叠加,使得黄土高原季节性干旱几乎年年发生。

除了降水量小,降水时空分布不均匀外,黄土高原地区便于为人们利用的水资源更为稀少。该地区年径流量只有349.72亿 m^3 ,地下水资源总量为333.5亿 m^3 ,单位耕地面积平均水量与人均水量分别为全国平均水平的14%和26.4%^[10]。这决定了黄土高原地区只能以旱作农业为主,抵御旱灾的能力很弱。同时,随着城市人口增加和生活水平的提高,工业和城市生活用水与日

表 1-4 黄河流域旱涝频度统计

(%)

区域	水文站名	年降水量 (mm)	旱年	大旱年	涝年	大涝年	资料年限
上中游 黄灌区	呼和浩特	410.2	66.7	16.7	14.3	4.8	1951~1991
	包头	302.8	76.2	31.0	7.1	4.8	1951~1991
	银川	197.7	78.6	35.7	0.0	0.0	1951~1991
	中宁	222.4	72.5	30.0	5.1	0.0	1953~1991
陕北	榆林	405.9	78.5	23.8	21.4	4.8	1951~1991
	延安	554.6	59.5	9.5	23.9	7.1	1951~1991
汾渭 谷地	西安	586.5	57.1	11.9	31.0	5.0	1951~1991
	太原	450.4	73.8	16.7	19.0	7.1	1951~1991
	临汾	515.9	70.0	15.0	25.0	5.0	1953~1991
陇中	兰州	320.3	61.9	14.3	7.1	0.0	1951~1991
	天水	535.8	40.5	21.4	16.7	0.0	1951~1991
	临夏	498.7	50.0	4.8	21.4	0.0	1951~1991
	岷县	590.2	31.0	2.4	7.1	0.0	1951~1991
陇东	西峰	558.7	47.6	19.0	19.0	2.4	1951~1991
青海	西宁	368.5	42.5	7.5	2.5	0.0	1953~1991

注:摘自全日制普通高级中学(选修)《地理》第二册教师教学用书。

俱增,流域内水资源的开发利用率达70%以上,远远超过国际上公认的40%的警戒线,可供农业利用的水资源越来越少,干旱成了制约区域内农业发展和粮食安全的最主要因素。特别是近年来由于温室效应,全球气候持续变暖,蒸发量增加,黄土高原地区旱灾也有逐年加剧的趋势。1949~1985年黄土高原地区旱灾面积年均733万 hm^2 ,1950~1995年年均2130万 hm^2 ,占该区耕地面积的22%。位于黄土高原地区的陕西和甘肃两省,年均受灾面积107.5万 hm^2 和67.07万 hm^2 ,占各省总受灾面积的63.7%和60.8%(显著高于全国平均值);年旱灾成灾面积51.84万 hm^2 和34.6万 hm^2 ,占各省总成灾面积的61.8%和60.0%(显著高于全国平均值)。甘肃省的报告表明,20世纪90年代中东部共发生6次严重干旱,素有陇东粮仓之称的庆阳地区,2000年全区20.13万 hm^2 耕地全部受旱,6万多公顷绝收,夏粮减产60%。

由此可见,黄土高原地区的干旱环境不但严重影响着黄土高原地区社会经济的发展,同时,在干旱环境下,土壤水分严重短缺,林草植被大量死亡,加之滥垦、滥牧、滥樵、滥伐、滥采之风屡禁不止,甚至有增无减,最终造成水土流失日益严重的局面,不仅危害当地人民的生产和生活,而且危及黄河下游的安全,致使黄土高原水土流失问题成为中华民族的心腹之患。随着我国国民经济的迅速发展,各种人为不合理生产活动的进一步加剧,该地区的生态环境灾害已变得日益严重,影响了黄土高原以及黄河中下游地区经济和社会的持续发展。如何采取行之有效的对策和防治措施,建立良性循环的生态系统以适应人类大规模的生产活动和经济活动,使黄土高原地区生态环境向良性循环方向发展,控制生态环境灾害的发生迫在眉睫。

第二节 水土何为中心

一、历史上黄土高原的水土保持

黄土高原的水土保持源远流长,最远可以追溯至3000年以前的周代^[11]。史料《诗·公刘》中就有诗句“相其阴阳,观其流泉”,“度其原隰,辙田为粮”,描写了周人祖先公刘带领周民从分析当时农业用地原(黄土塬地)、隰(低湿的川台地)的光热差异和水文条件,丈量面积,到披荆斩棘、开田种粮规划与实施的全过程。此后,召伯营谢的黍苗篇中提出“原隰既平,泉流既清”,毛传中也类似地提出“土治曰平,水治曰清”。这些提法可以认为是水土保持治理效益标准在我国的最早萌芽。此外,我国古代产生的有关土地合理利用与综合治理的“三宜”思想、“五行”说与“三才”论等还初步涉及了现代水土保持规划的一些基本原则,直到今天这些思想仍对我们有很大的借鉴意义。

西周和春秋时代是我国农田建设和水土保持的初创阶段,在技术力量低下和地广人稀的环境中,人们没有必要同时也没有可能耕种大量的土地,只是将山林、荒地、沼泽、低湿地、盐碱地等许多难以治理的土地安排不同的用途并加以保护,防止水土流失和水旱灾害。黄土高原的自然条件并不优越,但是却成了中华文明的摇篮,并在很长的时期内一直处于中国政治、经济的核心地位,养育了众多的人口,我国劳动人民生产过程中不自觉的水土保持实践可能起到了重要作用。

20世纪20年代我国有一些学者开始正式研究水土流失问题,到40年代初,“水土保持”一词在我国产生。我国现代水利事业的奠基人李仪祉先生,就