

黄土高原地区水土流失特点和治理阶段及其思路研究

彭珂珊

(中国科学院水利部水土保持研究所生态工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要

黄土高原地区是中华文明的发祥地, 受地形破碎、土质疏松、降雨集中等自然因素和乱砍滥伐、过度放牧、陡坡开垦等人为因素的影响, 黄土高原地区水土流失严重, 荒漠化土地面积大、草原退化沙化和碱化面积逐年增加。黄土高原地区是我国水土流失最严重的地区, 具有面积广、强度大、成因复杂等特点。60多年来, 通过采取发展水利工程建设, 推广旱作节水农业, 加快退耕还林还草等一系列措施, 黄土高原综合治理面积达到21.51万 km^2 。根据国家“十二五”计划提出奋斗目标: 在“十二五”期间黄土高原地区水土保持生态建设的奋斗目标是: 人为水土流失和生态破坏得到初步遏制, 流域内生态良好区面积得到巩固和扩大, 重点监督区人为水土流失得到控制, 黄河源区生态环境得到有效改善。到21世纪中叶, 适宜治理的区域基本得到治理, 平均每年减少入黄泥沙8亿t, 逐步实现人口、资源、环境协调发展。

关键词: 荒漠化土地, 水土流失特点, 治理阶段, 黄土高原。

中图分类号: X171.1

黄土高原地区不仅是中华民族的摇篮和发祥地, 而且是我国煤、油、气能源矿产富集区, 又是“十二五”期间和21世纪投资建设的新能源重要的化工基地。这些基地的建设和资源开发, 同农林牧业发展相互依存, 相互促进, 这就使黄土高原地区农业生产对区域经济社会的影响, 上升到一个更加重要的战略地位^[1]。黄土高原沟壑纵横, 地形地貌复杂, 黄土物质疏松, 具垂直节理, 易遭受侵蚀, 是世界上水土流失最严重的地区之一。位于北纬 $32^\circ \sim 41^\circ$, 东经 $107^\circ \sim 114^\circ$ 之间, 东西长1000余km, 南北长700km。大致范围是东起太行山, 西至日月山, 南界秦岭, 北抵鄂尔多斯高原^[2], 属于生态敏感区(eco-logical sensitive area)^[3], 黄土高原的三大主体地貌类型是山、原、川, 平均海拔1000~1500m, 除少数石质山区外, 高原上覆盖着深厚的黄土层, 黄土厚度在50~80m之间, 最厚达150~180m^[4]。黄土颗粒细, 土质松软, 富含可溶性矿物质养分, 利于耕作, 盆地和河谷农垦历史黄土高原史悠久, 土壤依次为褐土、壤土、黑垆土、黄绵土、灰褐土、灰钙土。黄土高原地处内陆, 为典型的大陆性季风气候。全区太阳年辐射量50.2~67.0万 J/cm^2 , 年平

均气温 $3.6 \sim 14.3^\circ\text{C}$ 。降水年际年内分布不均, 多年平均降水量150~750mm, 大部分地区年水面蒸发能力1500~2000mm。气候类型从东南向西北依次为暖温带半湿润气候、半干旱气候和干旱气候。植被分布的地带性规律明显, 自南向北, 自然植被呈森林向草原过渡的总体趋势。黄土高原在历史上曾草木丰茂, 但由于人类过度开垦放牧、乱砍乱伐、战乱等导致森林植被破坏, 草原退化, 沙漠化加剧, 目前森林覆盖率仅15.18%。

1 黄土高原水土流失现状

黄土高原地区是我国水土流失最严重的地区, 64.87万 km^2 的黄土高原地区约有47.2万 km^2 的水土流失面积, 并且每年人为造成新的水土流失面积约为900~1100 km^2 , 每年入黄泥沙达16亿t。经过60多年的水土保持生态环境建设, 虽然现在每年减少入黄泥沙达3亿t, 但是导致水土流失发生的环境侵蚀并未改变, 总体生态环境还在继续恶化。严重的水土流失致使土地生产力水平低下, 社会经济落后, 人民生活十分困难。黄土高原水土流失面积之广、强度之大、流失量之多堪称世界之最, 根据1990年全国土壤侵蚀遥感普查资料, 黄土高原侵蚀

收稿日期: 2012-11-21

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 $45.4\ \text{万}\ \text{km}^2$, 占全区土地总面积的 70.9% , 其中水蚀面积 $33.7\ \text{万}\ \text{km}^2$. 在黄土高原地区 $64.87\ \text{万}\ \text{km}^2$ 中, 北部风沙肆虐, 西部边缘地区冻融危害, 其余大部分地区水蚀剧烈, 区内共有水土流失面积 $47.2\ \text{万}\ \text{km}^2$, 占该区总面积的 72.77% (表1). 其中侵蚀模数大于 $5\ 000\ \text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 且粒径在 $0.05\ \text{mm}$ 以上的粗沙以及侵蚀模数大于 $1\ 300\ \text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 的多沙

粗沙区, 总面积为 $7.86\ \text{万}\ \text{km}^2$, 占黄土高原水土流失面积的 16.65% , 主要分布于河口镇至龙门区间的23条支流和泾河上游(马莲河、蒲河)部分地区、北洛河上游(刘家河以上)部分地区, 涉及陕、晋、蒙、甘、宁五省(自治区)的45个县(旗). 该区年均输沙量占黄河同期输沙总量的 62.8% ; 粒径 $0.05\ \text{mm}$ 以上粗泥沙输沙量占黄河粗泥沙总量的 72.5% (表2).

表1 2008年黄土高原地区水土流失状况

统计单位	水土流失状况(km^2)					
	合计	轻度水土流失面积	中度水土流失面积	强度水土流失面积	极强度水土流失面积	剧烈水土流失面积
合计	472 030.70	136 580.84	135 762.31	108 487.17	56 189.17	35 011.19
山西	107 898.00	34 215.02	28 123.02	28 163.00	7 800.00	9 597.01
内蒙古	106 049.90	30 151.10	33 441.66	16 031.76	14 439.77	11 985.56
河南	13 089.73	4 205.63	4 604.24	2 840.38	1 165.63	273.86
陕西	99 144.35	28 626.01	21 723.12	21 053.04	15 287.91	12 454.15
甘肃	94 170.66	18 561.25	32 519.59	29 585.47	13 504.35	
宁夏	35 120.23	13 588.74	11 706.25	7 837.25	1 592.98	395.00
青海	16 557.92	7 233.08	3 644.43	2 976.27	2 398.53	305.61

表2 黄土高原地区各省(区)土地侵蚀面积

省区	侵蚀模数($/\text{km}^2 \cdot \text{a}$)						
	>500	>1 000	>5 000	>10 000	>15 000	>20 000	>25 000
青海	13 789	11 814	2 977				
甘肃	87 680	82 410	48 791	10 898	1 544		
宁夏	29 286	19 074	8 669	58	无		
内蒙古	26 538	20 980	12 888	8 959	6 139	2 019	767
陕西	83 556	73 384	44 985	32 659	19 659	6 659	2 650
山西	86 189	75 707	47 638	23 756	12 956	1 665	无
河南	11 748	8 228	308	无	无	无	无
合计	338 787	291 597	166 254	76 330	40 298	10 343	3 417

2 黄土高原水土流失的因素

黄土高原水土流失既有自然因素, 也有人为因素, 但1万年以来剧烈的沟谷切割情况表明, 数大于 $15\ 000\ \text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 的剧烈水蚀面积为 $3.67\ \text{万}\ \text{km}^2$, 占全国同类面积的 89% . 局部地区的侵蚀模数甚至超过 $30\ 000\ \text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$. 人类活动是引起这一地 $4.47\ \text{万}\ \text{km}^2$ 坡耕地, 其中 25° 以上的达 $0.46\ \text{万}\ \text{km}^2$, 区水土流失的主要因素.

2.1 自然因素

①地形. 从地球上来看, 黄土主要分布于中亚到我国的西北、华北和东北一带, 世界上最大的黄土高原就是位于黄河上中游地区的黄土高原. 它的范围大致是北起阴山, 南至秦岭, 西抵日月山, 东到太行山, 横跨青海、宁夏、甘肃、陕西、蒙古、山西、河南7省, 面积 $64.87\ \text{万}\ \text{km}^2$. 黄土覆盖厚度一般在 $100\ \text{m}$

以下, 而以陇东、陕北、晋西黄土层最厚, 六盘山以东到吕梁山西侧, 黄土厚度在 $100\ \text{m} \sim 200\ \text{m}$ 之间, 最厚在兰州, 达 $300\ \text{m}$ 以上. 黄土分布的面积和厚度, 都居世界之冠. 地面坡度越陡, 地表径流的流速越快, 对土壤的冲刷侵蚀力就越强. 坡面越长, 汇集地表径流量越多, 冲刷力也越强.

②降雨. 产生水土流失的降雨, 一般是强度较大的暴雨, 降雨强度超过土壤入渗强度才会产生地表(超渗)径流, 造成对地表的冲刷侵蚀. 暴雨沟谷冲刷疏松黄土导致黄土颗粒细小, 质地疏松, 具有直立性并含有碳酸钙, 遇水容易溶解、崩塌. 地面坡度较大, 植被稀疏, 夏季又多暴雨, 造成奇峰、陡壁、溶洞、陷穴、天生桥等微地貌, 更助长了沟壑扩展, 加速水土流失.

③地面物质组成(表3). 地面组成物质主要有三类: 一是土壤(及其成土母质), 二是明沙, 三是裸

露的岩石.在同样的暴雨下,这三类物质的水土流失情况有所不同:一般山区、丘陵区地面的土壤(及其成土母质)入渗强度小于暴雨强度,本身质地又松软易蚀,暴雨中极易产生“地表径流”和水土流失;风沙区的明沙,颗粒较粗,空隙较大,暴雨中入渗强

度很大,一般不产生“地表径流”,所以没有水和土的流失,只有刮风时才产生风力侵蚀;一般山区裸露的岩石,在没有严重风化解体的情况下,暴雨中入渗量很小,虽然“地表径流”较大,但由于岩石坚硬,不会像土壤那样容易被水冲走.

表3 黄土高原地区地面物质组成分布及其特征

黄土区、带及沉积物	主要分布区域	地面物质特征
鄂尔多斯高原北部风沙残积区	位于黄河中游的西北部,北以大青山以南的黄河为界;西界贺兰山东侧之黄河,东界吕梁山北端之黄河;南部界线自西向东依次为宁夏的横城、盐池、内蒙的古胡拉、陕北的牛家梁.	海拔高度平均在1200m左右,主要为风沙和岩屑所覆盖,无原生黄土分布,其他沉积物也较少.在浅平凹地有干涸或半干涸湖沼分布.整个区域受风蚀作用较强,外观上为一荒漠区.
鄂尔多斯黄土高原过渡区	该区东北起自山西左云,向西南经陕西佳县、安边堡,止于宁夏金积县,成为一条向东南突出的弧形,弧顶位于陕西定边县附近,其北界临接风沙残积区的南缘,南界临接厚层黄土高原之北缘.	由于所处位置为过渡带,因此在岩相变化上也较复杂,可划分为三类不同的沉积物:1)由砾石、砂、粘土和泥灰岩构成的萨拉乌苏组;2)由砂和薄层黄土状物质所覆盖的萨拉乌苏组;3)由片状砂及零星砂丘所覆盖的砂质新黄土.三类沉积物在区内分布时有交错.上述沉积物其岩性各有不同,但大部分都属于晚第四纪产物,其中砂质新黄土属于晚第四纪沉积,覆盖在砂质新黄土和萨拉乌苏组之上的砂、砂丘砂和薄层黄土状物质大部分属全新世的沉积,萨拉乌苏组则为晚第四纪早期的沉积物.
老黄土带	该带东北起于陕西横山,向南通过靖边、柠条梁、巡检司、白于山,为老黄土的大面积集中裸露分布区,在广大沙黄土区和新黄土区的河谷两岸,多呈零星分布,但在六盘山以西,除渭河支流的葫芦河外,一般鲜见.	岩性呈棕黄色到淡棕红色,质地坚硬,颗粒组成与新黄土相似,即集中于微沙(0.05~0.01mm)、粉沙(0.01~0.002mm)、和粘粒(<0.002mm)上.区别是粘粒含量较新黄土为多,剖面具有多层褐色土型埋藏土和石灰结核层,土层厚达100余米,绝大部分属第四纪早期产物.
黄土高原区	砂质新黄土带 位于老黄土带集中分布区以南,自东北向西南后折向西北,沿线连接大同、朔县、神池、五寨、界河口、临县、清涧、安塞、环县、海原一线以北.	颜色灰白;比新黄土为粗,土粒平均直径大部分大于0.015mm,也较松散;0.05~0.01mm的微沙粒比新黄土和老黄土有显著增加,约在30%以上,垂直劈理较少.
	新黄土带 位于黄土高原中南部,分布范围较广.	沉积于老黄土之上,沉积厚度多在40m左右,在六盘山以西多在50~60m.灰黄色,疏松,不见沉积层理,多粉粒,富垂直劈理.该带黄土粒径平均值均小于0.15mm,含沙量远较老黄土带、砂质新黄土带为小,粒度愈向南愈细.
早第四纪	以三门湖为中心,东起三门峡,西至宝鸡,南临秦岭,龙门山为北界,广泛分布于渭河和潼关至三门峡段的山间盆地.在汾河、沁河等流域的寿阳、河津、沁源等地,也有分布.	三门组或泥河湾层是老黄土以下,第三纪之上的一套砂砾石层和粘土及泥灰岩层的统称.整个三门组岩系概括起来又分为两部分,即下部的下三门系和上部的上三门系.下三门系以泥灰岩、砂砾石层间夹亚粘土为主,厚达100m以上.上三门系由砂及砾石层组成,有时砂层和砾石层间互成层,层面水平,厚度较小,一般20~30m,与下三门系呈不整合接触,以河流相沉积为主.
晚第四纪	分布于鄂尔多斯黄土高原过渡地带和黄土高原南部的较大支流的沿岸冲积地带.如渭河、泾河、汾河的冲积平原.在较小河谷或沟谷,常形成一到二级阶地.	包括萨乌素组沉积,冲积物多为黄土状物质,由磨圆较好的砾石、粗沙、细沙组成,沉积物胶结不坚实,多呈松散、半松散状,厚度变异较大.
其它第四纪沉积物	晚第四纪 呈零星分布,多见于大山的前缘,如大青山南麓和贺兰山的东麓以及吕梁山西麓都可见到成扇状分布的锥形体.	洪积物的成份大部分是由当地山区的基岩碎屑和粗粒的砂子组成,在洪积扇的末端部分才有较少的砂粒及黄土状物质成分.分布于太原盆地和忻州盆地边缘的洪积物则较特殊,组成物质以黄土状物质为主,粒度较细,只有在扇形的顶部才有附近山区的基岩碎屑成分.其厚度一般为5~10m,最大厚度不超过20m.
第四纪残积物	零星分布于不为黄土覆盖的基岩山坡上,如在秦岭、太行山、吕梁山、六盘山、贺兰山、大青山等山坡的低平部分,均有分布.	为碎屑及壤土所组成,表层富含腐殖质,不成层,与下伏基岩成分非常近似.厚度、颜色因风化时间的长短、地形、基岩、气候、生物等因素影响而不同.
现代河流冲积物	分而在河流的河漫滩、心滩以及超河漫滩的第一级阶地上,如太原盆地、渭河河谷、河套平原等.	岩性多为砂、砾石及壤土,层理较粗糙,常有透镜体夹层,分选较差,厚度小,多在5~6m之间,少数在2~3m之间.

续表 3

黄土区、带及沉积物	主要分布区域	地面物质特征
晚第三纪 三趾马红土	多分布在六盘山以东及其以南和以北地区, 广布于吕梁山以西的晋西、陕北、陇东地区的沟谷中、上游底部, 断续不连接; 在静乐、寿阳盆地以及汾河、黄河局部河段的宽谷边缘, 亦有出现。	红土颜色呈红色到紫红色, 粘重坚硬, 不透水; 其中含有埋藏土及石灰结核层, 有时也有砾岩。红土厚度不一, 最厚达 90 m, 最薄不到 5 m。
甘肃群红色粘土	主要分布在六盘山以西和以南以北地区。如兰州、天水、武威、静宁、会宁、定西一带, 多沿盆地的谷底线出露。	岩性与上述三趾马红土略同, 但颜色较浅, 呈砖红色; 粘性也较其差, 具亚粘土性质; 底部有胶结坚实的砾岩层和砂砾层, 钙质结核层不发育, 石膏较多, 最大厚度将近 1 000 m。
基岩 其它基岩	主要分布在石质山区、土石山地区。如秦岭、中条山、太岳山、吕梁山、云中山、六盘山、马衔山、兴隆山、大罗山、小罗山、香山、马万山、月亮山等。	东秦岭多属花岗岩片麻岩及少量大理岩、板岩、千枚岩、石英岩; 中条山、太岳山、云中山、吕梁山北段的轴心部分, 岩系与东秦岭同; 太岳山东坡、云中山西坡、吕梁山北段的两侧, 吕梁山南段与崆峒山中段的轴心部分以及渭河下游平原北缘的一些断续山地, 全为石灰岩; 其余概为砂页岩。马衔山、华家岭及陇山南段多为花岗岩片麻岩, 归入东秦岭岩系; 兴隆山、屈武山、马万山、月亮山、香山、大、小罗山等主要为片麻岩、板岩、千枚岩, 属南山岩系; 牛首山部分为灰岩, 部分为变质岩; 六盘山全为砂页岩。

④植被. 植被就是覆盖地表的植物群落的总称. 它是一个植物学、生态学、农学或地球科学的名词. 植被可以因为生长环境的不同而被分类, 譬如高山植被、草原植被、海岛植被等. 环境因素如光照、温度和雨量等会影响植物的生长和分布, 因此形成了不同的植被. 达到一定郁闭度的林草植被有保护土壤不被侵蚀的作用. 郁闭度越高, 保持水土的越强.

2.2 人为因素

人类对土地不合理的利用, 破坏了地面植被和稳定的地形, 以致造成严重的水土流失. 水土流失都是因为植被破坏引起的, 植被破坏的主要原因就是过度开垦, 过度放牧, 过度伐林, 不加计划的滥用土地再加上全球的气候因素影响造成.

①土地不合理的利用. 土地是人类赖以生存的

不可再生资源. 在社会主义现代化建设进程中, 如何严格土地管理, 推进节约集约用地, 是我们面临的一项长期而紧迫的任务. 由于自然条件恶劣和严重的水土流失, 截止 2008 年, 黄土高原地区森林覆盖率不足 16% (表 4), 远远低于全国的平均水平, 草场退化面积已达总面积的 75% 以上, 且质量和功能日趋下降. 黄土高原地区绝大多数是自然地理条件很差的贫困地区, 人口素质低, 人口增长速度快, 为解决粮食及温饱问题, 不惜毁林开荒, 陡坡耕种. 长期以来, 由于放牧强度的增大, 严重影响了草地的覆盖率, 限制了草场资源的再生速度, 人工草地是黄土高原产草量最高的草地, 可达 7.81 t/hm². 由于改良草场与人工草场所占比例相对于自然草场要小得多, 因此超载放牧对草场的破坏程度十分大.

表 4 黄土高原地区历史时期的森林面积变化

时间	西周	南北朝	唐宋	明清	1949	1988	1998	2008
面积(万 hm ²)	3 200	2 500	2 000	800	370	450	594	984
覆盖率(%)	53	40	33	15	6.1	7.2	9.5	15.18

②矿业发展. 黄土高原矿产资源丰富, 开采历史悠久. 新中国成立后 60 多年来, 黄土高原在完成区域地质、水文地质、矿产调查和化探扫面工作的基础上, 进行了大量矿产资源勘查和多矿种的科学研究, 基本查明了黄土高原主要矿产的产出特征及其分布规律, 发现了众多矿产, 探明了可供开发利用的丰富储量. 黄土高原拥有极为丰富的煤炭资源, 其储量和产量均居全国第一. 煤炭资源不仅量大质优, 还有较好的开采条件. 其中, 可供露天开采的煤矿储量达 200 亿 t. 全国探明储量的特大型煤田, 约有一半分

布在这里. 山西省是我国最大的煤炭基地. 陕西省北部的神府煤田, 长庆油田, 也是黄土高原能源基地的重要组成部分. 黄土高原地区地理位置适中, 做为全国的能源基地, 正源源不断地向全国提供煤炭和电力, 人们形象地称它为全国的“锅炉房”. 伴随采矿业发展不断增加的各种矿渣和移动的土石方直接倾入河谷之中, 从而引起更大规模水土流失, 导致泥石流危害. 据统计, 山西省每年仅煤矸石排放量就达 10 万 t 左右, 神府东胜煤田每年增加入黄沙量 2 000 万 t. 这种片面追求经济利益的战略思想是引起黄土

高原更大规模水土流失危害的又一失误。

3 黄土高原水土流失特点

自从人类在地球上出现之后,人类的活动也就成为影响水土流失生物因素的组成部分。在现阶段形成气候的重要条件仍不易受人力的控制,但对降水的性质、地表径流和下渗水分的状况是可以由人力左右的。大面积改造地形虽有困难,但改变局部坡度,尤其是控制地表径流的流线坡度和缩短坡长是力所能及的。土体是水土流失过程中被破坏的对象,在自然状态下其抵抗力有限,但土体被冲状态和加固完全可以由人来决定,尤其是地面上植物的覆被和生长状况是在水、土、坡同时具备的条件下是否形成水土流失的决定性因素,而这个因素完全可以人力改变和改造^[5]。黄土高原地区地势是西北高、东南低,丘陵起伏,沟壑纵横,地形破碎,植被稀少,面

蚀、沟蚀均很严重,大部分地区海拔高度 1 000 ~ 2 000 m。地貌类型有丘陵、高塬、阶地、平原、沙漠、干旱草原、高地草原、土石山地等,其中山区、丘陵区、高塬区占 2/3 以上。东南部主要为黄土丘陵沟壑区和黄土高塬沟壑区,西北部主要为风沙、干旱草原和高地草原区。长度在 500 m 以上的沟道 27 万条,沟壑密度达 7 km/km² 以上。主要有水蚀、风蚀和重力侵蚀(水蚀面积 33.7 万 km²,风蚀面积 11.7 万 km²)。侵蚀模数大于 1 000 t/km²·a 的水土流失面积达 45.4 万 km²。黄土高原地区沟壑纵横,沟谷密度达 3.47 ~ 5.11 km/km²,仅陕北地区长度达 1 km 以上的沟道就近 3 万条。依据地形地貌等自然条件,分为黄土丘陵沟壑区、黄土高塬沟壑区、土石山区、黄土阶地区、冲积平原区、风沙区、干旱草原区、高地草原区、林区等九个类型区。主要类型区的基本情况见表 5。

表 5 黄土高原地区主要类型区基本情况表

侵蚀类型区	面积 (万 km ²)	占总面积 %	水土流失面积 (万 km ²)	占类型区面积 %	沟壑密度 (km/km ²)	切割深度 (m)	地面组成物质	植被覆盖率 (%)	人口密度 (人/km ²)	耕垦指数 (%)	侵蚀模数 (万 t/km ² ·a)
黄土丘陵沟壑区	21.78	33.89	20.33	93.34	2.0~7.0	50~200	黄土	10~35	77	10~30	0.5~3.0
黄土高塬沟壑区	3.27	5.09	3.15	96.33	1.0~2.3	100~200	黄土	20~30	180	14~50	0.2~0.5
土石山区	13.87	21.58	9.23	66.55	2.0~4.0	100	土石	20~40	29~80	1~20	0.1~0.5
林区	1.97	3.07	0.87	44.16	2.0~4.0						0.01~0.02
高地草原区	3.79	5.9	1.57	41.42	0.5~1.5						0.02~0.05
干旱草原区	5.7	8.87	4.45	78.07	1.0~2.0						0.02~0.1
风沙区	6.51	10.13	3.59	55.15	2.2~2.5						0.01~0.02
冲击平原区	5.06	7.87	0.24	4.74	0.2~0.3						0.01~0.02
黄土阶地区	2.32	3.61	1.97	84.91	1.0~2.0						0.1~0.3

注:数据来自高照良.黄土高原地区淤地坝建设及其规划研究[M].北京:中央文献出版社,2007,27-35

黄土高原主要分布在黄河中上游,水蚀面积约 47.2 万 km²。该区的自然条件是土层深厚,土质疏松,沟多沟深,地面坡度陡峭,雨量稀少,暴雨集中,植被稀少。在这样不利的自然条件下,加上历史上不合理的经济活动(主要是毁林毁草,陡坡开荒种植),造成水土流失中面蚀与沟蚀都十分严重。经过多年的试验研究,归纳总结黄土高原地区主要特点表现为以下 5 个方面(表 6)。

4 黄土高原地区水土流失治理阶段

根据国家 2010 年远景规划,对水土流失治理提出明确的奋斗目标:到 21 世纪中叶,适宜治理的水土流失区基本得到治理,平均每年减少入黄泥沙 8 亿 t,生态环境实现良性循环^[6-7]。近期目标是:用 10 年时间,完成水土流失综合治理面积

12.1 万 km²,其中多沙粗沙区治理面积 5.5 万 km²,增加林草植被面积 10.1 万 km²,建设治理骨干工程和淤地坝 10.61 万座,基本控制人为因素产生新的水土流失,平均每年减少入黄泥沙达到 5 亿 t,使黄土高原地区生态环境恶化得到遏制,农业生产结构得到合理调整,逐步实现人口、资源、环境协调发展。黄土高原地区水土保持历史悠久,经验丰富,早在先秦时代,我们的祖先就开始了整治水土,创造了丰富的治山治水经验^[9-10]。从 1949 ~ 21 世纪前 10 多年,我国对黄土高原经过系统和全面研究,对黄土高原水土流失的形成、土地类型、灾害危害、经济发展、整治进程等,取得了翔实的资料,掌握了土壤侵蚀发展规律^[8],黄土高原的治理工作,由重点试办到全面发展,取得了很大成绩,涌现了上千处治理较好的典型,在减轻土壤侵蚀、减少入黄泥沙、促进农业生

表6 黄土高原地区水土流失的主要特点

类别	主要特点
水土流失面积广	黄土高原地区几乎到处都存在水土流失,其中侵蚀模数大于 $1\ 000\ t/km^2 \cdot a$ 的水土流失面积 $47.2\ 万\ km^2$,占该区总面积的 72.76% 。年均输入黄河的泥沙达 $16\ 亿\ t$ 。年土壤侵蚀模数大于 $1\ 000\ t/km^2$ 的面积就有 $29.2\ 万\ km^2$,占黄土高原总面积的 45.01% 。大于 $5\ 000\ t/km^2$ 的面积 $16.6\ km^2$,占黄土高原总面积的 25.59% 。
侵蚀强度大	该区的自然条件是土层深厚($50\sim 100\ m$)、土质疏松(主要是粉砂壤土),沟多沟深(每 km^2 沟长 $3\sim 5\ km$,沟深 $30\sim 50\ m$),地面坡度陡峭(大部在 $15\sim 25^\circ$ 之间,有的甚至 35° 左右),雨量稀少、降雨集中(大部地区年降水量 $400\sim 500\ mm$,北部只有 $200\sim 300\ mm$;汛期降雨量占年降水量的 $60\%\sim 70\%$)。植被稀少(原有天然林只占总面积的 6% ,到处是光山秃岭)。在这样不利的自然条件下,加上历史上不合理的经济活动(主要是毁林毁草、陡坡开荒种植),造成水土流失中面蚀与沟蚀都十分严重。该区侵蚀模数大于 $15\ 000\ t/km^2 \cdot a$ 以上的水蚀面积达 $3.67\ 万\ km^2$,占全国同类侵蚀强度面积的 89% ,局部地区侵蚀模数高达 $3\ 万\sim 5\ 万\ t/km^2$ 。
流失量多	多年平均输入黄河的沙量 $16\ 亿\ t$,筑成截面为 $1\times 1\ m$ 的土堤,可绕地球赤道 27 圈半。水土流失使黄河水平均含沙量高达 $35\ kg/m^3$,是长江的 29 倍。
时空分布集中	$6\sim 9$ 月,产沙量占年产沙量的 80% 以上。水土流失最为严重的区域,主要集中在黄河中游 $7.86\ 万\ km^2$ 的多沙粗沙区,该区域面积仅占总面积的 12.3% ,年产沙量却达 $11.82\ 亿\ t$,占同期黄河输沙总量的 62.8% ,其中粒径大于 $0.05\ mm$ 的粗泥沙 $3.19\ 亿\ t$,占粗泥沙输沙总量的 72.5% 。
泥沙主要来自沟道侵蚀	该区沟壑发育,沟道侵蚀十分严重。尤其是黄土丘陵沟壑区和黄土高原地区沟壑区,崩塌、滑塌、泻溜等重力侵蚀十分活跃,据黄土丘陵一些小流域的典型观测,沟壑面积占总面积的 $40\%\sim 50\%$,沟壑的产沙量却占总产沙量的 $50\%\sim 60\%$ 。据观测,一般土壤侵蚀模数每年每 $km^2\ 5\ 000\sim 10\ 000\ t$,有的甚至高达 $20\ 000\sim 30\ 000\ t$ 。面蚀主要产生在坡耕地上, $15\sim 25^\circ$ 陡坡每年每 hm^2 流失土壤 $75\sim 150\ t$ 。沟蚀中沟头前进年均 $3\ m$ 左右,有的甚至一年前进 $30\ m$;在沟中由于沟底下切,加剧了沟壑两岸崩塌、滑塌等重力侵蚀,成为小流域泥沙的主要来源。

引自高照良,彭珂珊.西部地区生态修复与退耕还林还草研究[M].北京:中国文史出版社,2005,145-146

产方面起到显著作用。这一时期可以分为以下7个阶段:

第一阶段,试验示范阶段。从20世纪40-50年代开始,绥德、天水、西峰三个水土保持科学试验站(简称“三站”)分别在黄土丘陵沟壑区(简称黄丘区)第一副区、第三副区、黄土高塬沟壑区选择典型小流域,布设因子观测小区,进行径流泥沙、水土流失规律、水土保持措施作用机理、措施优化配置及治理效益等方面的野外观测和研究工作,积累了丰富的第一手资料,取得了大量显赫的包括各种类型土壤侵蚀数学模型在内的科研成果^[11]。1949年8月,新中国成立前夕,老一代治河专家王化云和赵明甫,向华北人民政府主席董必武呈报《治理黄河初步意见》,提出治河要“上、中、下三游统筹,本流和支流兼顾”。这是整个黄河流域即将实现统一管理时,黄委首次提出全面治理黄河、开发黄河水利的初步设想^[12]。上世纪50年代(天水)黄土高原水土保持被作为“变害河为利河”的关键工作,开始设立一定数量的水保治理和科研机构,积极开展试验示范推广。自1954年开始,在黄土高原沟壑区的南小河河流域(流域面积 $36.3\ km^2$),选定治理的杨家沟(流域面积 $0.87\ km^2$)和非治理的董庄沟(流域面积 $1.15\ km^2$)作为对比,进行水土流失规律研究。1955年,全国人大一届二次会议通过了《关于根治

黄河水害和开发黄河水利的综合规划报告》,把黄土高原水土保持正式列入国民经济建设计划。与此同时,水土保持由过去分散进行单项治理,发展为一沟一坡成片治理。

第二阶段,全面规划,综合治理阶段。60-70年代黄土高原水土保持开始从无序治理向全面规划,综合治理转变。国务院相继召开了三次黄河中游水土保持会议,确立了重点治理区。70年代,加强了梯田、坝地、小片水地等基本农田建设,提出了“以土为首、水土林综合治理,为农业生产服务”的方针。同时,在陕、甘、晋三省,水坠筑坝、机修梯田和飞播林草的科技攻关和推广也取得重大突破。1979年,钱宁首次提出粗泥沙来源区是黄土高原 $43\ 万\ km^2$ 的水土流失区,80%来自 $10\ 万\ km^2$ 的多沙粗沙区,其中 $5\ 万\ km^2$ 区域的产沙量占粗泥沙总量的50%,这 $5\sim 10\ 万\ km^2$,应该作为水土保持工作的重点^[12]。

第三阶段,重点整治阶段。80年代,水土保持以小流域为单元,山水田林路统一规划,提出了工程措施、耕作措施与生物措施相结合,经济效益、生态效益和社会效益兼顾,以经济效益为主的基本工作思路。各地随着农村家庭联产承包责任制的落实,出现并大力推行以户承包治理小流域,调动了群众治理开发的积极性,加快了治理进度。黄土高原各地开展

了以产权制度为中心内容的重大改革,通过实施“放开建设权、出让使用权、搞活经营权、确定所有权”等有效措施,采取“拍卖、承包、租赁、股份合作”等方式,调动了全社会广泛参与治理水土流失的积极性。在“责、权、利”一致、“治、管、用”结合的创新政策引导下,户包治理小流域的模式从山西到全国迅速推广,收到了很好的治理效果。1983年开始在无定河、皇甫川、三川河和甘肃的定西县实施国家重点治理工程,全面推广和实施以小流域为单元的综合治理;1986年国家批准立项的重点流失区治沟骨干工程项目,结束了长期以来沟道治理无序的状况,扭转了淤地坝拦泥是“零存整取”的普遍认识,使大型淤地坝建设步入了科学正规的基本建设管理程序,显示出淤地坝工程特殊的治理效益。此后,国家重点治理投入不断增加,重点治理的范围不断扩大。

第四阶段 依法防治阶段。黄土高原地区由于大规模经济建设和资源开发造成的人为水土流失和生态破坏问题日益突出,“边治理、边破坏”的现象在不少地方依然严重。水土保持生态建设必须通过机制创新和科技创新,实现由传统水土保持向现代水土保持转变,开发建设项目在满足人类社会需求的同时,应兼顾水土资源承载力和生态系统的健康、可持续性,控制人为新增水土流失,将单纯治理转到防治并重,形成水土保持预防监督体系。90年代,《水土保持法》的颁布实施,标志着水土流失的防治突出了“预防为主”的指导思想,这既确定了依法防治的观念,也确定了科学防治的新观念。自1991年国家颁布《中华人民共和国水土保持法》以来,黄土高原地区的水土保持工作逐步走上了法制化轨道。具体表现在,水土保持法规体系初步形成,黄土高原地区有关省(区)都出台了《〈水土保持法〉实施办法》和两费征收使用管理办法,黄土高原地区各地共制定水土保持配套法规、规章2315个,为水土保持依法管理提供了法律依据;建立健全了执法体系,县级以上执法监督机构达330个,组建率达到96.5%,水土保持专、兼职执法人员达3万多人;查处了一大批违法案件,依法建立了开发建设项目水土保持方案报批制度、水土保持规费征收制度和监督检查及水土保持“三同时”制度。

第五阶段 科学防治阶段。1994年、1999年第一期、第二期世行项目相继启动实施。先后投资42亿元人民币(其中世行贷款3亿美元),不仅在提高项目区农民生活水平、消除贫困、改善区域脆弱的生态

环境和减少入黄泥沙等方面,显示出了巨大的促进作用,而且也使项目省(区)的48个旗县(市)中的120多万人从中直接受益^[13-14]。1997年6月,党中央发出“再造一个山川秀美的西北地区”号召。1997年以来,陕北地区共对1.4万座淤地坝的产权进行了改革和明晰,使70%的淤地坝得到恢复、改造和开发利用。山西省已有48万亩的坝地通过各种形式明晰了产权。1999年8月,朱镕基同志提出“退耕还林、封山绿化、个体承包、以粮代赈”十六字方针。1999年中央经济工作会议明确提出了以生态建设为主体的“西部大开发战略”,把水土保持纳入生态建设的重要内容,保护生态环境已成为全党全民的共识。在此期间,国务院批准实施了《黄河流域黄土高原地区水土保持专项治理规划》,把黄土高原水土保持列为国家经济开发和国土整治的重点项目,形成了集中规模治理的格局。2000年,国务院出台《全国生态环境建设规划》,进一步促使水土保持工作广泛开展和逐步完善。随着农村经济体制改革的深化,水土保持也逐步适应市场经济的运作机制,黄土高原在全国率先推出了“四荒”地拍卖治理开发的重大举措,以多种形式出让“四荒”使用面积达6万 km^2 ,参与农户为135万户,参与机关、企业单位为1200多家,收回拍卖资金2.5亿元,初步形成了农民、工人、干部、企事业单位、社会团体全面参与,个人、集体、国家一块上,户包、拍卖、租赁、股份合作、公司、专业队等多种形式治理并存,全社会广泛参与防治水土流失的局面。据不完全统计,1998~2002年,中央投入黄河流域(黄土高原)的水土保持经费达30多亿元,超过了解放以来49年的投资总和。

第六阶段 2001~2005年间,中国黄河中游黄土高原地区,共有7.8万 km^2 水土流失区域得到综合治理,黄土高原地区生态环境得到了显著改观。中央实施西部大开发战略以来,国家加大了对黄土高原地区水土保持生态建设的支持力度,先后启动实施了退耕还林、封山禁牧等一大批水土保持生态建设重点项目,先后安排资金14.4亿元人民币用于黄河上中游水土保持项目。淤地坝建设经过几十年的不断实践和探索,积累了一定的建设经验,形成了一套比较完整的技术标准、规范和规章制度。1986年开展以治沟骨干工程为主体的坝系建设以来,不仅探索出了大、中、小型淤地坝联合运用的成功模式,而且在产权制度改革方面也积累了一定经验。2003

年开始实施淤地坝建设工程,大大加快了坝系建设的速度.截止2005年底,黄河流域综合治理面积累计达到21.51万 km^2 ,其中:基本农田5.27万 km^2 ,水保林9.46万 km^2 ,经果林1.96万 km^2 ,人工种草3.49万 km^2 ,封禁治理1.31万 km^2 ;建成小型水保工程176.05万座(处),建成淤地坝11.98万座,其中骨干坝2225座,中小型坝11.82万座.近20多年来,北部能源基地的兴起,中部干杂果基地的建设,中南部以苹果、梨为代表的鲜果基地建设,农业设施的进一步完善,平均每年增产粮食50多亿 kg .

第七阶段,生态修复与水保工程相结合阶段.2005年8月14日透露,在北京召开的中德技术合作项目“三北防护林监测与管理信息系统”国际研讨会上,三北防护林建设局副局长潘迎珍说,三北防护林体系建设工程从1978年开始到2050年结束,历时73年,分三个阶段、八期工程进行建设,累计需要完成造林3560万 hm^2 .工程完成后,三北地区的森林覆盖率将由1977年的5%提高到15%,风沙和水土流失危害将从根本上得到遏制.随着第一阶段工程的结束,黄土高原的水土流失面积已有40%得到初步治理.2007年6月16日,水利部、中科院共同组织实施的“十二五”国家科技支撑计划重点项目“黄土高原水土流失综合治理工程关键支撑技术研究”在陕西杨凌正式启动,由黄河上中游管理局主持的宽谷丘陵区农牧综合开发模式研究与示范、高原沟壑区农果林多元综合治理模式与节水型生态农业建设和水土流失动态监测与评价关键技术等三个课题列入实施计划^[11-12].21世纪初,开始大面积推广生态修复,依靠自然的力量恢复植被;淤地坝具有拦泥、蓄水、缓洪、淤地作用,是黄土高原地区治理水土流失、改善农业生产条件的有效措施.以小流域为单元,以骨干坝为支撑,以粗沙区为重点,以原有沟道工程为基础,完善配套,合理布局,形成沟道坝系,充分发挥工程防护综合效益.淤地坝的拦泥减沙效益随着坝系建设不断提高.为有效防治黄土高原水土流失,多年来,我国先后实施了一系列水土流失重点防治工程.特别是近年来,中央财政进一步加大投入支持力度,为黄土高原水土流失综合防治的持续推进、山丘区民生的持续改善、生态状况的持续好转提供了重要保证^[13-14].近10年来,黄土高原累计治理水土流失12万多 km^2 ,其中:建设基本农田200多万 hm^2 ,水保林650万 hm^2 ,生态修复325万 hm^2 ,建设淤地坝1.3万座,建成小型水保工程近42万座

(处).截至2011年底,黄河流域累计治理水土流失面积近23万 km^2 .

5 黄土高原地区水土流失治理思路

黄土高原的水土保持工作任重道远,在今后一个时期内,黄土高原地区水土保持工作的基本思路是:按照中央“再造一个山川秀美的西北地区”和“退耕还林(草)、封山绿化、个体承包、以粮代赈”的精神,充分调动社会各方面的力量,遵循自然规律和经济规律,以控制水土流失、改善生态环境、服务经济发展、减少入黄泥沙为目标,努力加快黄土高原地区的水土保持步伐^[15].

1) 在水土保持方略上.防治结合,保护优先,强化治理以多沙粗沙区为重点,小流域为单元;采取工程、生物和耕作综合措施,注重淤地坝建设.

2) 在总体布局上.按照国家划分的治理区、防护区、监督区三类不同的水土保持区域,实施不同的治理措施.

3) 在总体防治目标上.到本世纪中叶,使黄土高原地区适宜治理的水土流失基本得到治理,建立起比较完善的水土保持预防监督体系,遏制荒漠化的发展,坡耕地基本实现梯田化,大部分地区生态环境得到改观,入黄泥沙得到明显减少,并配合干流工程建设、下游河道整治,有效地缓解黄河下游严峻的防洪形势,建立起基本适应国民经济可持续发展的良性生态系统.黄土高原大部分地区达到环境优美、生产发展、群众富裕,基本实现山川秀美的宏伟目标.

4) 在淤地坝建设上.计划到2020年共建设淤地坝16.3万座,在主要入黄支流建成较为完善的沟道坝系.

“十二五”期间黄土高原地区水土保持生态建设的总体思路是:树立和落实科学发展观,坚持人与自然和谐相处的理念,按照预防为主,综合防治,因地制宜,注重效益的方针,进行综合治理,强化监督和保护,遏制人为水土流失,加大淤地坝建设和生态修复的力度,巩固退耕还林成果,实现水土资源的可持续利用,为区域经济发展、黄河治理开发和构建和谐提供支撑和保障.“十二五”期间黄土高原地区水土保持生态建设的奋斗目标是:人为水土流失和生态破坏得到初步遏制,流域内生态良好区面积得到巩固和扩大,重点监督区人为水土流失得到控制,黄河源区生态环境得到有效改善,完成初步治理

水土流失面积 6.25 万 km², 综合治理小流域 1 000 条, 实现 8 000 km² 坡耕地退耕及封育保护 1.33 万 km², 建成一大批小流域淤地坝坝系, 有效减少入黄泥沙。新开工一批水土保持示范区和重点

治理区项目, 实施黄河中游粗泥沙集中来源区专项治理工程、黄土高原水土保持世界银行贷款三期项目和黄河源区二期水土保持预防保护监督工程等项目。

参 考 文 献

- [1] 赵存兴. 黄土高原地区土地资源[M]. 中国科技出版社, 1991.
- [2] 赵诚信. 黄土高原不同类型区水土保持综合治理模型研究[J]. 水土保持学报, 1994(4): 25-30.
- [3] 杨子生, 刘彦随. 中国山区生态友好型土地利用研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2007.
- [4] 王万忠, 焦菊英. 黄土高原降雨侵蚀产沙与黄河输沙[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [5] 高照良. 黄土高原地区淤地坝建设及其规划研究[M]. 北京: 中央文献出版社, 2007.
- [6] 万雪琴, 胡庭兴, 张健. 坡耕地退耕还林后的植被恢复[J]. 林业科学, 2005, 41(2): 181-195.
- [7] 潘艳. 我国自然资源的基本状况及面临的严峻问题[J]. 决策探索(下半月), 2009(4): 20-22.
- [8] 侯庆春, 韩蕊莲. 黄土高原植被建设中的有关问题[J]. 水土保持通报, 2000, 20(2): 53-56.
- [9] 国家环保总局. 全国生态环境现状调查报告[J]. 环境保护, 2004(5): 13-18.
- [10] 程序. 西北黄土高原区农业与生态恶化及恢复重建的关系[J]. 中国农业科学, 2001(1): 13-16.
- [11] 李永红, 高照良, 彭珂珊. 中国耕地资源保护与可持续利用研究[M]. 北京: 中国言实出版社, 2011.
- [12] 高照良, 彭珂珊, 张晓萍. 西部地区生态修复与退耕还林还草研究[M]. 北京: 中国文史出版社, 2005.
- [13] 王立祥, 高照良. 中国旱区农业持续发展[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2011.
- [14] 高照良, 彭珂珊. 粮食安全问题概论[M]. 北京: 哈尔滨工程大学出版社, 2009.
- [15] 国家发展改革委. 《2010-2030 年黄土高原地区综合治理规划大纲》[J]. 中国法律信息, 2011(1): 1-9.

Process of Control and Research on Soil and Water Loss of Loess Plateau The loess plateau area water and soil loss characteristics , management stage and thinking research

Peng Keshan

(China academy of sciences institute of ministry of water resources , water and soil conservation
ecological engineering technology research center in yangling of shaanxi province 712100)

Abstract

The soil erosion in Loess Plateau is the most serious in China , it is widely、strongly , and has complex causes. Through the last 60 years , a series of measures such as developing water conservancy project , promoting water-saving agriculture , speeding up returning farmland to forests and grasslands were carried out , comprehensive control area of the Loess Plateau achieved to 215 100 km². According to the goal of the national “Eleventh Five-Year” plan: in the mid-21st century , the area suitable for control will be managed , reduction of sand into the Yellow River come to 800 million t/a , the population , resources , environment will developing coordinated.

Key words: desertification land , Soil and water loss characteristics , Governance stage; Loess plateau.