

# 重建土壤水库是黄土高原治本之道<sup>\*</sup>

朱显谟

(中国科学院 水土保持研究所 杨陵 712100)  
(水利部)

**摘要** 基于黄土高原严重的生态环境问题,在分析黄土高原成因机理及结构特点基础上,探讨了黄土高原“土壤水库”的功能,研究了地表水库、土壤水库、地下水三库协防在治理黄土高原环境方面的重要作用。结果表明,应将重建土壤水库,实现三库协防,作为构建和谐黄土高原,再现秀美山川的理论依据和指导方针,而地表径流调控与水土资源持续利用技术研究,可为黄土高原国土整治“28字方略”理论实现提供重要的技术支撑。

**关键词** 黄土高原,土壤水库,径流调控,水土资源,持续利用



朱显谟院士

近年来,党中央提出建设“生态节约型、环境友好型社会”。黄土高原作为重要的能源与重化工基地,在我国经济社会发展中具有重要战略意义,但其水土流

失严重,生态环境脆弱,如何对其进行治理,再现秀美山川,已成为一个迫切的研究课题。那么,黄土高原生态环境问题的根源、主要矛盾到底是什么,深厚的“黄土”在黄土高原生态环境建设中又意味着什么。为回答这些问题,不得不涉及恢复重建黄土高原“土壤水库”的生态保育功能。

## 一 黄土高原生态环境问题的根源

黄土高原面积约64万km<sup>2</sup>,是中华民族

繁衍生息之处,更是古代中华文明的发祥地。250万年以来,在这块土地上堆积了厚100—200m的黄土-古土壤系列<sup>[1]</sup>,是全球最厚和最完整的黄土地层,也是塬地平广、丘陵顶平坡缓、沟谷开阔,川、坪、涧、掌、啰地完整平坦,植被茂密、腐殖质层深厚的沃野粮田。但近千年来,人类的野蛮掠夺和破坏,使其逐渐沦为千沟万壑、地瘠民贫和灾害频繁的地区。究其症结,莫过于土地利用不当,破坏了黄土独有的“点棱接触支架式多孔结构”,进而使土壤渗透性和抗冲性能遭到破坏,其水土流失严重程度已跃居世界首位,年均侵蚀模数高达3720t/km<sup>2</sup>,是长江的14倍、美国密西西比河的38倍、埃及尼罗河的49倍。黄河多年平均含沙量37.6kg/m<sup>3</sup>,分别为上述河流的72倍、58倍和30倍。其多年平均输沙量16亿t,高出250万年以来平均降尘量的100倍。

黄土高原形成于250万年以来的风成黄土堆积,只是近1000年来才急速演变而成黄土侵蚀区。究其原因较多,但其中自然

<sup>\*</sup> 收稿日期:2006年6月10日

因素特别是干旱与人为因素对“土壤水库”失调导致有限水资源功能的破坏,是加速水土流失的主要因素。因此,黄土高原的整治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、改善生产环境、复耕及根治黄河水患,调节增进西北地区的生态与环境建设等息息相关。

新中国成立以来,党和政府十分重视黄土高原综合治理和根治黄河工作,投入了大量人力、物力和财力,取得了 50 年的安澜。但是,由于黄土高原地区的土地利用极不合理,滥垦、滥牧、滥樵、滥伐、滥采之风屡禁不止,甚至有增无减,水土流失日益严重,造成“越垦越穷、越穷越垦”的恶性循环。下游河床年淤 10cm,造成大堤“越加越险、越险越加”的另一恶性循环。目前,下游河床已大大高出开封城,严重威胁两岸 200 个县(市)的工农业生产和亿万人民生命财产的安全。解决两个恶性循环,核心是解决该地区生态环境建设面临的干旱与水土流失并存的矛盾。而解决该矛盾的一个重要措施就是重建黄土高原“土壤水库”的巨大调节功能,迅速恢复植被。

## 二 “土壤水库”在黄土高原生态环境建设中的作用

研究表明<sup>[2]</sup>,堆积的成壤过程形成特殊的黄土高原“土壤水库”。从地质大循环和土壤形成过程的实质来看,黄尘沉积与成壤及成岩同时、同地进行,是黄土-古土壤多层交替叠加并形成厚达 100—200m 地层系列的关键。需要说明的是,黄土也是古土壤,是在比较干冷时期形成的、成壤作用不明显的黄土状新成土。由于黄土在土壤剖面上的成壤强度与在一般成土母质上繁生植被后形成的土壤不一样,一般成土母质随着风化层的

不断加深增厚而不断下伸,形成成壤强度上强下弱的“V”字形状,并形成 AC 或 ABC 型层理比较易识的土壤剖面构形;而在黄土上发育的土壤其成壤强度的显示却并非如此,有时恰恰相反,尤其生物起源的磁化率和粘粒胶膜等呈现上弱下强倒 V 形状态,红褐色古土壤层尤其如此。由于黄尘不断沉积,形成 A 层不断增厚、上升而没有 C 层的存在,同时土体也因植被繁生而不断形成更深厚的 Ah 层,这与地质学家划分的黄土-古土壤时间序列一致。黄土沉积后的生物反馈合成等成壤过程较明显,但矿质部分的风化淋溶过程仅限于可溶性盐类。由此不难肯定,黄尘沉积后只有相应植被及时繁生才能进一步巩固并提高其赋有的通透性能,从而不断形成和加强其它土壤所不易获得的特殊“土壤水库”。只有这样的“土壤水库”才能就地分散接受全部降水,并防止土体充水时引起的崩散湿陷和洞穴、暗淘等现象发生,为土层不断加积增厚创造条件。

土壤本身即是巨大的蓄水水库。这一点可以通过现实状况的反例证明。在土壤侵蚀过程中,土层日渐变薄,其蓄水量日趋减少,径流量相应增多。根据土壤持水量和产流量计算,土壤持水量随着侵蚀程度的增大(土壤层变薄)而减少,径流量则随着侵蚀程度的增加而相应增加。在同等降雨条件下,强度侵蚀土壤和剧烈侵蚀土壤的持水量,分别为无明显侵蚀土壤的 1/4 和 1/10,而径流量却相应为轻度侵蚀土壤的 4 倍和 5.3 倍。在裸岩条件下,几乎全部降雨以径流形式流走。由于降水大量流失,土壤含水量和土壤总贮水量均随之减少,形成土壤水分和作物需水量之间的不平衡,从而造成农业干旱。此外,土壤入渗水量减少而地表径流增加,直接影响地表水和地下水的水量分配,破坏了正常的水量平衡关系。

黄土高原古地貌海拔在千米以上,它又



位于黄河中游,因此除不断下切河谷及局部内陆洼地可有物质堆积外,其侵蚀方式应主要为剥蚀,但事实却恰恰相反。据陈明扬和安芷生等的研究和推算,黄土高原不仅是个沉积区,而且250万年以来在本区可能年沉积 $0.19 \times 10^8$ — $0.83 \times 10^8$ t黄土,占全部年降尘的63%—88%,成为黄土高原地区的一大特点。黄尘的主要来源区和黄土的堆积区,北自肯特山、唐努山,东以大兴安岭,南以长城到昆仑山,西以帕米尔高原为界,共计 $3.50 \times 10^6$ — $4.00 \times 10^6$ km<sup>2</sup>的范围为我国现代大气粉尘的来源区和中国大陆主要的粉尘降落区。

黄土高原的另一个特点是沉积物分布的地带性以及物质组成(如颗粒大小、矿物种类)的相对均一性和变异规律性。近年来,3种降尘方式所形成的黄土微结构中细粒团的普遍出现是黄土高原又一大特点。它不仅显示了“水拦泥”的作用,同时也解释了有些化学元素含量在黄土高原边缘呈折线下降,以及其粘粒含量关中明显高出豫西地区等现象;据此说明黄土高原土壤侵蚀常以推移在先。难怪在西峰径流小区观测中发现,径流小时以粉粒较多,而径流大时才见粘粒增加等异常现象。由此推断,细粒团作为一单元体与其它黄土颗粒呈点棱接触形成支架式多孔结构可能是黄土高原形成的关键和主要动力,也可能是黄土区特殊“土壤水库”能够及时形成的基础。

### 三 重建“土壤水库”是黄土高原治本之道

20世纪50年代以来,我国治水多采用“蓄泄统筹,以泄为主”的方针。但这一方针已不适应目前的状况。这是因为:①黄河水资源日益短缺,造成频繁断流,大量地宣泄地表径流已与缺水之态势相违背;②合理蓄水有利于下游堤防安全,缓解堤防失守之危机;③治黄需要走综合之路,并与生态环境建设相结合。

明朝水利专家徐贞明指出“水利之法,当先于水之源”、“水聚之则害,而散之则利”,“弃之则害,用之则利”,提出“治水先治源”。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,但因有关领导部门未正式采纳施行,仅停留在论文和口头建议层面上,因而无法进行全面的、有针对性的验证。但是“28字方略”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的3个水保站和黄土高原水土保持综合试验示范的11个试区,以及无定河流域、定西和晋西北等地区的200多个治理样板中都得到了证明,并取得丰硕成果。

“土壤水库”是生态环境建设的关键和动力,由此,“全部降水就地入渗拦蓄”作为方略核心,是符合黄土高原演变实际的。在黄土高原形成过程中,“土壤水库”显示了不可替代的作用。因此,在土地利用时,必须以改善“土壤水库”为前提、指导思想和理论依据。只有这样才能充分发挥水资源作用,达到消除洪灾,维护生态良性循环及建立生态大农业的目的。

从黄土和黄土高原形成的全过程来看,黄尘是从干旱地到达黄土高原上空与东来湿气相遇,通过3种降尘方式(自重降落、凝聚降落和雨淋降落)堆积而成。这一过程早在250万年以前就已开始。据此得出“没有季风就没有黄尘的降落,没有植被的繁生也就没有黄土高原”的科学论断。而3种降尘方式使黄土层具有“点棱接触支架式多孔结构”<sup>[3]</sup>,使黄土具有渗透性能好、蓄水容量大、植被容易繁生的特点。植物的繁生反过来又巩固和提高了土体的渗蓄能力和抗冲性能。随着土层增厚,其蓄水容量必然增大,形成巨大的“土壤水库”,防止了地面径流的发生,从而从根本上消除了水土流失的危害。这样的规律和理论不仅被250万年以来黄土-古土壤系列的地质事件所验证,而且还

被百余年来子午岭屡遭垦荒后的植被自然恢复和群众生产实践中把“三跑田”变为“三保田”的事实所证实。这是与黄土的渗透率高和蓄水层厚分不开的。这一特性使得一次降水 500mm 不发生蓄满径流, 降雨强度 2mm/min 上下不发生超渗径流。目前黄土高原水土流失严重, 其主要原因是人类对植被的无情破坏, 进而对“土壤水库”的无情伤害, 不合理利用土地和直接削弱土壤入渗和抗冲能力, 形成超渗径流, 导致湿陷、洞穴和暗沟冲刷等, 完全是人为造成的冲刷过程。因此, 保护、加强、重建“土壤水库”, 迅速全面恢复植被才是黄土高原生态环境治理的治本之道。

#### 四 “三库协防”, 再现黄土高原秀美山川

黄土高原植被的迅速繁生是巩固和提高土体通透性, 进而形成大容量“土壤水库”的“天赐动力和强劲保障”。植被的繁生是成壤作用的始发标志和基本动力, 对黄土这样的特殊土状物来说又是必不可少的保护、巩固和发展的唯一“动能”。依靠这一“动能”, 尤其植物根系的缠绕和串联作用, 黄尘在沉积时所固有的支架接触式多孔结构才得以保持巩固、疏松和通透性能才得以充分发挥, 黄土层的堆积才得以不断增厚, 250 万年以来黄土高原厚达 100m 以上的黄土-古土壤系列和顶平面广的高原地貌才得以形成和保持, 否则就会遇水滑脱落实, 甚至湿陷, 引起坡面冲刷。农地耕层雨后容重的增加和初参与稳定渗透性相差悬殊等现象都是显而易见的确证。因此在缺乏一定植被的保护前提下, 不是洪流滚滚(雨期)把黄土冲刷殆尽, 就是沙波汹涌, 尘海无边(干冷期)。

黄土高原植被的迅速繁生提高了土体赋存通透性, 进而形成大容量的“土壤水库”, 它与黄土地层中厚达 40m 以上的包气带相联而形成毫无蒸发损失的地下水库(当

时群众称它为空山水)。地下水库可以为人类储存和保护水资源, 但是它需要理想的库区和充足的水源。地面水库是人为调节洪涝干旱的主要工程措施, 长期以来人们往往过分依赖它的作用, 而忽视土壤水库的巨大作用。要充分发挥以上两库的作用, 使其成为抗旱排涝的有生力量和可持续开发利用的资源优势, 真正实现人与自然和谐相处, “土壤水库”的联系作用不可忽略。只有重修“土壤水库”并实现其同地下水库、地面水库“三库”协防才能真正体现“治水之道在于治源”和“水用之则利, 弃之则害”这个“至理名言”的伟大意义。在黄土高原国土整治时, 遵照“28 字方略”, 以此为指导思想全力巩固“土壤水库”以便尽先将自然降水接纳下来, 直接尽可能蓄积于黄土之内, 让潜在的洪流转化为持续的径流, 以供工农业、发电、航运、生活之用。

因此全面迅速恢复水土失坡地植被(含作物)为当务之急。这需要通过优化径流调控手段<sup>[4]</sup>, 消弱或切断侵蚀动力, 强化入渗、增进和维护土壤水库的健康功能, 以便把降水的大部或全部蓄积起来, 从而保证当地植物繁生的需求, 并有利于通过乔灌植物下扎的根系引入地下深处成为地下径流或水库、矿泉水再转入各级水路网, 最终实现水土资源持续高效利用。因此, 只要修复保护好“土壤水库”, 就能保证全部降水就地分散入渗, 避免径流冲刷。可以预言, 只要认真落实“28 字方略”, 根治黄河水患, 再造黄土高原秀美山川是完全可以实现的。

#### 五 建议

(1) 应将重建“土壤水库”, 实现三库协防, 作为构建和谐黄土高原, 再现秀美山川的理论依据和指导方针。“土壤水库”是地表水库、地下水库的纽带, 是植被、森林、草原及地面植物赖以生存的根基。只有在黄土高原生态环境建设中恢复重建黄土高原的“土

壤水库”功能,才能有效利用其巨大的调控降雨径流、减少土壤侵蚀的功能,黄土高原生态环境建设成功才有希望。

(2) 加大降雨径流调控与利用研究力度,为落实“28 字方略”提供技术支撑,同步解决黄土高原干旱缺水与水土流失两大难题。“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”的综合调控径流手段,就地高效利用降雨径流,防治水土流失,改善生态环境。因此需要加大降雨径流调控研究力度,将黄土高原地区降雨径流充分开发利用,才能确保黄土高原“土壤水库”健康功能的充分发挥,进而确保黄土高原植被的快速恢复。

(3) 转变治水观念,在重视节水型社会建设的同时,应重视“土壤水库”的恢复与重

建。“治水之道在于治源”,“水用之则利,弃之则害”,因而“治水之道在于治源的升华”。目前,我国正在建设节水型社会,恢复发挥黄土高原“土壤水库”调控降雨径流、恢复保育生态、提供优质水源的功能,应是建设节水型社会的重要一环。

#### 主要参考文献

- 1 朱显谟,任美铎.中国黄土高原的形成过程与整治对策.中国水土保持,1992,(2):4-10.
- 2 朱显谟.试论黄土高原的生态环境与土壤水库.第四纪研究,2000,20(6):514-520.
- 3 黄土——土壤结构剖面构型的形成及重要意义.水土保持学报,1994,8(02):1-9.
- 4 高建恩,吴普特等.黄土高原小流域水力侵蚀模拟试验设计与验证.农业工程学报,2005(21):8:41-45.

## Rebuild Soil Reservoir is An Rational Approach for Soil and Water Conservation on the Loess Plateau

Zhu Xianmo

(Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, 712100 Yangling)

Aiming at serious eco-environmental problems on the Loess Plateau, the author analyzed loess forming cause, mechanism and its structure traits, investigated function of soil reservoir, furthermore studied important action of joint defense of ground reservoir, soils reservoir and underground reservoir in reconstruction of Loess Plateau. The result showed that in order to construct harmonious Loess Plateau and reappear beautiful mountain, rebuilding soil reservoir and realizing joint defense of three reservoirs should be taken as theoretical basis and guidelines. Moreover, study on surface flow controlling and sustainable utilization of soil and water resources can provide important technical support for implementation of “28 character policy”.

**Keywords** Loess Plateau, soil reservoir, flow controlling, soil and water resources, sustainable utilization

朱显谟 土壤学家,中国科学院院士。水土保持研究所名誉所长、研究员、博士生导师,陕西省土壤学会名誉理事长、水利部技术顾问。1915年12月出生于上海崇明。1940年毕业于中央大学农业化学系。从事土壤、土壤侵蚀、水土保持和国土整治方面的科学考察和科学研究工作60余年,我国土壤侵蚀研究的开拓者和奠基人之一。发展了黄土高原的风成学说,拟定了黄土区土壤侵蚀分类系统,阐明了黄土中土壤和古土壤粘化层的生物起源问题,为整治黄土高原国土和根治黄河河害的有关措施提供了理论依据。提出的以迅速恢复植被为中心的黄土高原国土整治“28 字方略”具有很强的指导意义和实践效益,已被国家科技攻关试区广泛采用并在流域治理中得到验证。