

陕北黄土丘陵区淤地坝的规划和 利用模式及效益评价

张 汉 雄

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘 要 淤地坝是陕北黄土丘陵沟壑区控制水土流失和建设高产农田的有效措施。文中论述了坝系规划及坝地利用模式、淤地坝的经济效益和坝系的减水减沙效益。有关建坝的设计标准、建坝密度和投资回收年限等几个主要问题也予以讨论。

关键词 淤地坝 坝系规划 坝系利用模式 丘陵沟壑区

Silt-trap Dam Planning and Use Model and Benefit Assesment in Loess Hilly—gullied Area of the North Part of Shaanxi

Zhang Hanxiong

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract Silt-trap dams are effective measures for controlling soil and water loss and constructing high yield farmland in loess hilly-gullied area of the north part of Shaanxi. the dam systems planning, the model of dam and land use economic benefits, and reducing runoff and sediment yield were discussed in this papers. And some problems of dam design standard, density, return years on investment were analysed.

Key words silt-trap dams dam system planning use model of dam systems
hilly-gullied area

1 淤地坝的发展概况

陕北黄土丘陵区属黄土高原丘陵沟壑区第一副区和第二副区,地形复杂,沟壑密度大,一般在4~7km/km²,水土流失严重,土壤侵蚀模数在10 000~25 000t/km²;是黄土高原水土流失最严重的地区,也是入黄泥沙的主要产区,黄河三门峡站多年平均输沙量16.67×10⁸t的70%以上。该区土地资源丰富,但生产条件差,人均耕地25.2亩,其中80%以上为坡地,仅有少量川台地或平地。为了充分利用当地的水沙资源,建设高产农田,打坝淤地已成为当地群众控制水土流失、建设高产农田的主要措施,有效地促进了山区农业发展。

陕北打坝淤地已有400多年的历史,至今仍保存着100多年前的坝地在种植利用。子洲县黄土

址是明朝隆庆三年(公元1569年)因天然崩塌形成的聚淤,经长期加工形成坝地750亩,洪水泥沙不出沟,至今仍在种植。当地农民在治沟打坝方面积累了丰富的建坝经验和坝地利用方法。解放后60~80年代,随着水坠施工技术的普遍推广应用,加快了建坝速度和提高了坝体质量,大量的淤地坝和坝系已成为该区拦泥减洪、控制水土流失的主要工程措施之一。截止70年代末,陕北黄土丘陵区已建成大小淤地坝64 000座,淤地84万多亩,已种植利用的达52万亩。其中高于15m的坝有35 000座,最高的水坠坝吴旗县长城水库坝高达70m,最大的坝体土方量达 $202 \times 10^4 \text{ m}^3$,最大库容 $6\,900 \times 10^4 \text{ m}^3$,最大的单坝淤地面积975亩,已形成坝系的小流域有数千条。仅榆林地区至1981年底,已建成淤地坝2.47万座,已淤地30多万亩,其中吴堡、佳县、米脂、绥德、子洲、清涧等县平均每平方公里打坝一座,淤地约30亩。一些重点流域如绥德韭园沟、子洲岔巴沟、横山苦水沟、吴堡郭家沟、米脂对岔沟等,每平方公里有坝2~3座,平均淤地50多亩,基本实现沟道川台化。

由于各地的地形条件、水沙变化各异,在坝系规划布局和坝地利用方式上,当地群众因地制宜创造了各种不同的利用模式,并取得了显著的经济效益和拦泥减洪效益。本文通过实地考察调查,并参考有关资料,对陕北黄土丘陵区淤地坝的利用模式及其综合效益加以论述。

2 坝系规划的有关问题

2.1 淤地坝的设计标准

淤地坝的设计标准涉及坝的安全运用和经济的建坝投资两个方面,忽略任一方面而探讨设计标准都是毫无意义的。采用较高设计标准虽能确保坝体安全,但势必增加建坝工程量和投资;若为节约投资降低设计标准,易发生垮坝,造成更严重的经济损失。故二者必须综合权衡考虑,确定安全经济的淤地坝最优设计标准。

目前建坝中一个十分突出的问题是洪水垮坝,大多数垮坝是60~70年代农业学大寨运动中群众自发建的坝,这些坝没有合理规划设计或未按规范施工,质量差、标准低,在大暴雨洪水中易被冲垮,或导致连锁垮坝。例如1977年陕北和晋西发生罕见的暴雨洪水,部分破坏和冲垮的淤地坝近2万座,其中绝大多数是坝高在15m以下的小坝,其防洪标准仅能满足十年一遇洪水要求。但绥德县韭园沟流域250多座坝中,主沟上3座骨干坝因连锁垮坝被冲垮,支沟被冲毁的小坝有50多座,经过修复,现已全部安全运用十多年。所以,设计标准偏低是大多数中小型坝垮坝的主要原因。

由于淤地坝运用前期主要是拦蓄洪水泥沙,形成坝地后则依赖滞洪库容调节洪水,故淤地坝的最危险期是在坝地形成前按水库运用阶段,应按水库的防洪标准设计。淤地坝的设计标准目前尚无统一的部颁标准,参照水电部1978年关于“水利水电工程等级划分及设计标准(山区、丘陵区部分)”规定和陕北晋西的建坝经验,淤地坝一般属于3~5级枯水建筑物,其洪水设计标准为:坝高大于30m、库容200~1 000万 m^3 或淤地面积超过200亩的大型淤地坝属3级,可按50~100年遇洪水设计,一般不再进行校核;坝高15~30m、库容50~200万 m^3 的中型淤地坝属4级,可按30年一遇洪水设计,50年一遇洪水校核;坝高在15m以下的小型淤地坝,可按20~30年一遇洪水标准设计。但由于地形条件差异大,同一坝高的库容和淤地面积相差悬殊,可通过不同建坝方案的投资比较,在上述范围内确定最合理的设计洪水标准。据有关资料的调查分析表明:一般淤地坝(坝高10~25m)采用20~30年一遇洪水设计,建坝投资可减少15%~22%;坝高大于25m的骨干坝或控制坝,采用50年一遇洪水设计比较经济合理。另据安塞县杏子河流域($1\,486 \text{ km}^2$)和绥德县韭园沟流域(70.7 km^2)的调查结果,在70年代洪水垮坝之后,按上述标准整修加高的淤地坝,近十多年来运用情况良好。因此,上述标准是较为经济安全的合理设计标准,可作为黄土丘陵区今后建坝参考。

2.2 坝系密度及适宜坝高

坝系中布坝密度和适宜的建坝高度问题,一直是治沟工程中争论的焦点。如果忽略黄土丘陵区复杂的地形条件和流域的治理程度,不考虑大、中、小坝的合理配合与布局,而单纯探讨建坝密度是不切合实际的。在一个流域内布多少坝、坝高多少与流域的沟壑密度、沟道比降有关,淤地面积则与沟道的形状和沟谷宽度有关,也涉及到坝系的安全运用和建坝效益问题。小多成群式的布坝,建坝投资少,见效快,而易造成连锁垮坝;建少数的高坝,坝的防洪能力高,但投资大,受益需时间长,也不利于小沟分段拦泥。故坝系优化布局与建坝顺序问题是一项十分复杂的动态优化问题,目前尚处于研讨阶段,尚无定论,本文仅据调查资料加以分析。

表1 典型流域的坝系密度与坝高*

流域	流域面积 (km ²)	坝总数 (座)	分类坝高数(座)				平均坝高 (m)	总淤地面积 (亩)	布坝密度 (座/km ²)	平均淤地 (亩/坝)
			7~15	16~25	26~30	≥31				
米脂县 对岔沟	5.1	16	10	6			12.0	395.0	3.14	24.7
绥德县 王茂沟	5.9	21	15	5	1		15.1	616.0	3.52	29.3
安塞县 周屯沟	35.6	67	41	16	9	1	14.1	845.6	1.88	12.6
绥德县 韭园沟	70.7	247	184	48	13	2	18.0	4006.1	3.49	16.6
横山县 元坪沟	128.1	226	80	109	33	4	19.4	6500.6	1.76	28.8

注: * 坝高<7m 的坝按谷坊计,均未包括在内。
** 该流域尚未形成完整坝系,部分坝被冲垮;按规划坝系坝总计为98座,平均坝高16.1m,布坝密度为2.75座/km²。

表1中几个典型小流域已成坝系的调查结果表明,坝系的布坝密度与流域面积、地形条件和平均坝高有关。流域面积愈小,坝系的平均坝高愈小,而坝密度则愈大,相应地单坝平均淤地也较小,反之亦然。一般情况下,在完全建成坝系的流域,流域面积小于5km²时,平均坝高约9~11m,建坝密度约在4座/km²;流域面积在5~15km²的小流域,平均坝高可在12~15m,而坝密度以3~3.5座/km²为宜;面积在16~70km²的较大小流域,平均坝高约在15~18m,建坝密度以2.5~3座/km²为宜;流域面积大于70km²的中等流域,平均坝高约在17~20m,其建坝密度为2~2.5座/km²。小多成群坝系,如安塞县畔坡村沟,在4.3km²内建坝21座,平均坝高仅9.5m,由于坡面均已治理,坝系生产效益较高。大、中、小配合的坝系,能充分利用水沙资源和确保坝系安全,一般的其平均坝高在15~19m。上述5条小流域的坝总数为577座,其中坝高7~15m 的坝占57.2%,16~25m 的坝占31.9%,26~30m 的坝占9.3%,高于31m 的坝仅占1.2%。所以,对于一个完全形成坝系的流域,全面考虑淤积、利用和坝系安全等因素,坝系中各类坝高的合理组合应是:7~15m 的小坝占50%~60%,16~25m 的中型坝占25%~35%,26~30m 的较高坝占10%左右,高于31m 的高坝不超过5%。

3 坝系的合理布局与利用模式

3.1 坝系布设的原则

坝系有分段拦泥,分期施工、逐个淤积利用和加速沟道治理的优点,是淤地坝综合利用的最佳形式。坝系布局的优劣直接影响坝系安全、建坝工程量与投资、坝地形成速度与利用效率等方面,必

须合理确定。坝系布局应根据沟道的地形条件、治理程度和经济状况,因地制宜确定合理的坝类与坝高组合,即将拦洪坝、控制坝、种植坝和灌溉蓄水坝合理组合与布局,充分发挥坝系群体的最优效益。为此,坝系布设中应遵循以下原则:

3.1.1 沟坡兼顾、综合治理 在建坝的同时要加速坡面水土保持措施治理,减少洪水泥沙来源,确保坝系安全生产。

3.1.2 拦、蓄、排、放结合,确保坝系安全 即拦泥、蓄水与排洪、放淤相结合,生产坝与拦洪坝、蓄水坝相结合,既可保证坝系安全,又能充分利用水沙资源,发展生产,提高坝系群体的治理效益。

3.1.3 中小型为主,大中小结合 由于小坝工程量小,投资少,见效快;但拦洪能力低,蓄水淤地少,易被冲垮。故在小沟应以小坝为主,辅以中型坝为骨干;在较大沟道中,应以中小型坝为基础,以少量大型坝为骨干工程。这样相互配合,能提高坝系的抗洪能力、蓄水能力和扩大淤地面积。

坝系的运用方式依其建坝要求和自然条件,一般分为以蓄水灌溉为主和以拦洪淤地为主的两种类型,分别有所侧重。

3.2 以蓄水灌溉为主的坝系运用方式

3.2.1 上拦、中蓄、下种 这种方式适用于流域面积较大、水源较丰富的沟道,可采取上坝拦洪,中坝蓄水灌溉,下坝淤地种植的运用方式,则可充分利用沟道水资源,提高生产效率。

3.2.2 库坝相间,排洪蓄清、上蓄下灌 在泉水或常流水较大且可灌面积大的沟道,可在靠近水源处建库蓄水,下游建淤地坝,逐个相间,充分利用蓄水灌坝地。为防止泥沙入库,可在水库上游建拦洪坝和导流渠,把洪水导入淤地坝。这种运用方式在陕北较普遍。

3.2.3 干支互济、蓄灌结合 一般小流域的干沟有较大长流水,支沟干枯或支沟有泉水、干沟水源短缺。在前一种情况下,可在干沟建坝蓄水,引灌或抽灌支沟坝地;在后一种情况下,可在支沟建坝蓄水,引灌干沟坝地。这样,可充分利用干支沟的有限水源。

3.3 以拦洪淤地为主的坝系运用模式

这种模式是陕北黄土丘陵区淤地坝系规划布设和坝地利用的主要方式,可分以下四种:

3.3.1 上坝生产,下坝拦泥 即从支毛沟道上游向下游分期逐个建坝,待上坝淤满可利用时再建下坝,滞洪拦泥,形成阶式坝地,从沟掌到沟口逐步形成坝系。为确保安全生产,可在已成坝地溢洪道一侧开挖排洪渠,将洪水导入下游。

3.3.2 上坝拦泥,下坝生产 这种方式适于流域面积较小的沟道,建坝顺序是自下而上,当下坝淤成后,在上游另建新坝拦洪淤地,由沟口到沟掌逐步形成坝系,并始终保持一个具有一定库容的坝拦洪,以确保下坝安全生产。

3.3.3 轮蓄轮灌,蓄种结合 在流域面积不大的沟道内同时建几座坝,分段拦洪淤地,待淤满可利用时,分别在其上游另建新坝拦洪,形成隔坝拦蓄,其蓄水可灌下游坝地。待上坝淤满种植后,再把下坝加高滞洪,这样交替加高,轮蓄轮种,可满足防洪、拦泥、生产三结合的需要,是一种利用率较高的坝系运用方式。

3.3.4 支沟滞洪,干沟生产 当干沟建淤地坝地形条件较好、而水源较少时,可在干沟建坝淤地,以生产为主,支沟建坝以拦洪蓄水为主,形成拦、蓄、淤、排四结合,能加速支沟治理,确保干沟坝防洪保收。

3.4 坝地防洪保收的利用模式

目前陕北黄土丘陵区已建成的淤地坝中,能保收种植的坝地约占60%~75%,其余尚未充分利用或种植不能保收,其主要原因是防洪能力差或坝地盐碱化,大大降低了坝地的利用效率。除上述

已论述的几种坝系运用方式外,调查中发现有两种典型的坝系防洪、防碱布设方式可确保坝地有效生产。

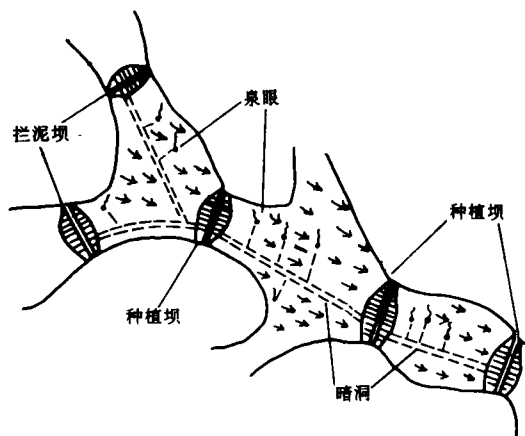


图1 坝地暗洞排水的布设

3.4.1 暗洞排水,灭碱保收 米脂县对岔沟流域面积 5.1km^2 ,主沟长 1.5km ,主沟和支沟上有淤地坝16座,淤地395亩,已种植利用20多年,玉米平均亩产 500kg ,年年保丰收。采取的主要措施是:建坝时在主沟上建 1030m 的排水暗洞。涵洞进出口与上下坝的放水洞相接,并在坝地中修框井6眼,将泉水引出灌溉坝地(图1)。暗洞既可排洪,又可排坝下游地下渗水,降低地下水位,避免坝地盐渍化;同时暗洞上面又可淤地,减少了排洪渠占地,增加了淤地面积。因此,该坝地增产效果显著,成为该村的主要粮食生产基地。

洪设施,骨干坝的60亩坝地安全生产,仅树苗年收入达10多万元。其典型布设方法(图2)是:在主沟上游两条支沟分别建拦洪坝,在主沟上建交错式排洪渠,渠与坝地留有可控制的进水口,以给坝地适量放洪淤泥,同时坝地中亦有横向排水沟,可将坝地积水排入排洪渠。这样排淤结合,既可安全生产,防止盐渍化,又可逐年淤高坝地,提高坝地肥力;同时上下坝轮蓄轮种,加速坝地淤积利用。

4 坝地的综合效益分析

4.1 坝地的增产效益

坝地有充足的土壤水分和肥力,是一种旱涝保收的高产农田。据绥德、米脂、横山、子洲等县典型流域调查,目前已淤成的坝地利用率为 75.7% ,保收率为 90% ,在较大洪水年份一般也可保丰收。坝地一般亩产量在 $250\sim 300\text{kg}$,有灌溉条件的高产可达 500kg 以上,是坡地产量的 $4\sim 6$ 倍,梯田产量的 $2\sim 3$ 倍;在某些典型的有完整坝系的流域,坝地粮食总产量可占耕地总产量的 $10\%\sim 30\%$ 。例如,子洲县坝地面积占全县总耕地面积的 14.9% ,而坝地粮食产量则占全县总产量的将近 $1/3$ 。吴堡县的马跑泉、郭家沟两条小流域,在荒沟中打坝淤地 1000 多亩,使 10km 长的荒沟变成米粮川,平均粮食亩产 320kg ,总产量超过该县号称“白菜心”的寇家园的 3000 亩坝地产量。该流域井家塬村人均耕地 4 亩,其中坝地 0.4 亩,而坝地粮食产量则占全村总产量的 62% ,坝地若种植树苗等经济价值高的作物,其收入则比种粮高出 10 倍以上。如安塞县房塌沟在坝地育苹果、葡萄等苗木,2年成熟,亩产值 18000 元,平均每年亩收入约 8000 元,而种玉米亩产 300kg ,亩收入约 200 元,相差 40 倍。所以,坝地只要管理运用好,其增产的经济效益十分可观。是山区农民脱贫致富的主要生产基地。

3.4.2 排淤结合,安全生产 安塞房塌沟流域面积 8.6km^2 ,自70年代在主沟上建 26m 高的骨干淤地坝,但长期因防洪能力差不能充分利用。近年来整修防

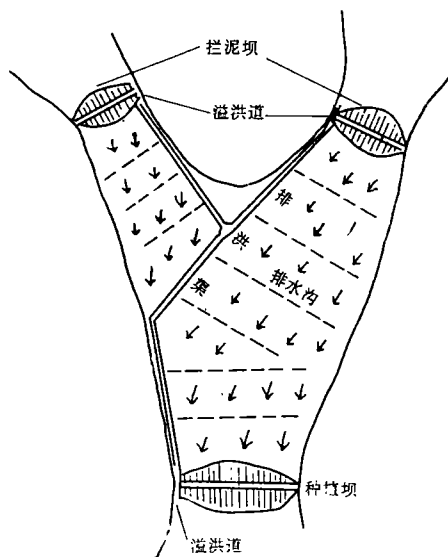


图2 坝地防洪排水渠系的布设

4.2 淤地坝的产投效益

建淤地坝投工多,费用较高,收益是否合算,这个问题多年来一直是对打坝有片面看法的人争论的焦点。为此,我们根据实地考察资料对建坝投资回收年限、产投比效益进行分析,以解决打坝在经济上是否合理的问题。

据典型流域调查,从建坝到坝地形成,一般需要4~10年,视拦泥库容大小和来沙量多少而定,坝地利用后一般6~8年即可回收全部建坝投资。例如绥德县韭园沟流域(70.7km²)已建成的247座坝。平均坝高18m,已淤坝地4 006亩,建坝总投工103.4万个,投资201.4万元(建坝投资和产出效益均按1980年不变价格计算,以下均同),年均每亩坝地投工277个、投资485元。目前该流域坝地大部分已种植利用15~25年,70年代虽因垮坝影响,但仍发挥了显著效益。至1981年底,累计种植面积44 000亩次,总产粮8 500t,价值255万元,除去生产费用52.8万元,盈余203.2万元,投资全部收回,从建坝起的投资平均回收限为15年,而近12年来的收益均为纯收入。该县王茂沟流域(5.79km²)从50年代初建坝,现有淤地坝21座,平均坝高15.1m,总拦蓄库容265×10⁴m³,淤地616亩。建坝总投工12.4万个、投资12.1万元,平均每亩坝地投工200个,投资约200元,每立米库容投资0.04元。至1981年累计种植面积3 459亩次,总产粮92.2t,总产值约46万元,约等于建坝投资的4倍,还不算最近十多年来增加的收入。另据陕北现有坝地典型调查结果,建成一亩坝地,坝高小于15m的小型淤地坝,每亩约投工120个,投资150元;坝高15~25m的中型淤地坝,平均亩投工250个,投资320元;坝高在26~30m的大型淤地坝,亩投工317,投资约800元。坝地的利用率小型为91.5%,中型为85%,大型为74%。坝地平均亩产以250kg计,年纯收入约100元,即小型淤地坝利用2年可回收投资,中型需4年,大型需8年,加上淤积年限,即坝建成后6~15年可回收建坝投资。上述坝的产投比效益分析,还未包括淤地坝的拦泥、减洪、改善生产条件和沟道交通等间接效益,仅其经济效益已十分显著。所以,认为建坝投资大、效益低、害多利小的说法是没有根据的。

4.3 淤地坝的拦泥减洪效益

淤地坝在小流域综合治理中的拦泥减洪效益是十分显著的,这可从单坝每亩坝地的拦泥量和坝系的拦洪作用加以说明。坝地的拦泥量与坝系布局、坝高和地形条件有关。几个典型流域的调查结果(表2)表明,坝前平均淤积高度在13~14m的坝地,每亩拦泥量约3 500~4 000m³,淤积高度在8~13m的坝,每亩拦泥量在2 000~3 500m³。若以坝高计算,坝高10m以下每亩坝地平均拦泥2 600m³,11~15m为3 300m³,16~20m为4 200m³,21~25m为4 500m³,26~30m为5 000m³,大于31m坝每亩坝地可拦泥约9 000m³(表3),平均每亩坝地拦泥4 800m³。榆林地区现有2.48万座淤地坝,淤地46.4万亩,总拦泥量为17.33×10⁸m³,即23.4×10⁸t泥沙,相当于无定河流域10年的输沙总量。按这些坝平均运用年限按20年计算,即淤地坝的拦泥量约相当于无定河年输沙量的一半。因榆林地区的淤地坝大部分位于无定河流域,按面积比较法推算,淤地坝的拦效益约相当于流域年输沙量的28%~36%。

表2 典型流域淤地坝平均拦泥量

流域	调查坝(座)	坝前淤积高度(m)	每亩坝地拦泥量(m ³)
横山县元坪流域	43	14.6	3566
清涧县清涧河	99	4.0	1540
府谷县皇甫川	42	16.2	3887
子洲县杏咀沟	8	13.7	4177
绥德县韭园沟	241	12.7	4006

表3 元坪流域不同坝高的拦泥量

坝高(m)	≤10	11~15	16~20	21~25	26~30	≤31	合计
坝座数(座)	5	9	5	4	3	3	29
拦泥量(×10 ⁴ m ³)	141.7	288.3	132.0	234.5	120.0	565.3	1478.8
淤地(亩)	545.0	875.0	310.0	520.0	242.0	576.0	3068.0
平均每亩坝地拦泥(m ³)	2596.0	3294.0	4258.0	4510.0	4958.0	9766.0	4820.0

淤地坝的减洪效益主要是削减洪峰流量,保证下游安全,同时还可拦蓄洪水,调节流域水资源的年内分配,给坝地灌溉和人畜饮水提供水源。例如韭园沟流域综合治理30多年来,平均减水效益为29.2%,其中坝系减水占18.1%,占总减洪效益的62.0%;平均减沙效益为58.7%,坝系拦泥占43.6%,占减沙效益的74.3%(表4)。自1979年以来,该流域洪水泥沙基本不出沟,坝系在流域综合

表4 韭园沟流域历年减水减沙效益

年份	汛期雨量 (mm)	洪水总量(×10 ⁴ m ³)		减洪效益(%)			冲刷量(×10 ⁴ t)		减沙效益(%)		
		治理前 (推算)	治理后 (实测)	治坡	治沟	合计	治理前 (推算)	治理后 (实测)	治坡	治沟	合计
1954	313.2	71.88	49.28	1.5	29.9	31.4	64.69	2.10	1.8	95.0	96.8
1956	542.6	322.6	257.3	5.0	15.2	20.2	256.7	46.75	9.9	71.9	81.8
1958	506.2	355.3	294.1	6.2	11.0	17.2	277.6	68.70	12.1	63.2	75.3
1959	573.4	306.4	289.5	7.0	-1.5	5.5	210.7	193.0	11.2	-2.8	8.4
1960	298.7	30.7	25.0	8.7	9.9	18.6	25.5	13.3	9.5	38.2	47.7
1961	490.9	335.6	284.1	6.0	9.3	15.3	239.9	117.4	10.1	41.0	51.1
1962	294.6	31.4	23.3	9.0	16.8	25.8	21.4	9.1	9.9	47.5	57.4
1963	295.0	120.8	99.4	10.8	6.9	17.7	82.5	44.1	11.6	35.0	46.6
1964	480.8	244.9	168.7	9.9	21.2	31.1	188.1	97.4	11.6	36.6	48.2
1966	380.2	326.0	234.2	15.1	1.31	28.2	236.5	126.5	16.9	29.6	46.5
1967	441.4	322.5	238.3	15.2	10.9	26.1	195.5	126.6	2262	13.2	35.4
1968	291.9	105.2	55.8	18.0	28.9	46.9	73.7	16.1	16.5	61.7	78.2
1969	365.2	54.7	26.2	15.4	36.7	52.1	15.5	6.9	23.0	32.6	55.6
1974	2565	81.3	49.0	14.1	25.6	39.7	3.5	1.5	20.8	36.2	57.0
1975	293.8	92.6	41.3	17.5	37.9	55.4	26.8	14.9	25.6	42.5	68.1
1976	332.9	13.0	7.5	18.8	23.4	42.2	8.0	1.2	27.8	57.2	85.0
平均		151.9	115.1	11.1	18.1	24.2	104.5	46.9	15.1	43.6	58.70

* 摘自黄委会绥德水土保持试验站编“水土保持试验研究成果汇编”第1集,第159页,1981年9月。

治理中对减水减沙起主要作用,这对减少入黄泥沙和下游洪水是十分重要的。典型大暴雨洪水的调查表明,完整坝系的减洪作用十分显著。例如王茂庄流域1959年8月19日大暴雨,坝系削减洪峰流量的91.5%,1961年8月1日大暴雨洪水,削减洪峰流量88.1%。1977年延河流域“77·7·6”特大暴雨洪水中,虽出现大量垮坝,但几个完整坝系安全度汛,其拦蓄库容(有效库容和滞洪库容)大于10×10⁴m³/km²者,减洪约60%~70%,拦蓄库容大于15×10⁴m³/km²的坝系,减洪效益可达75%~85%。坝系的减洪效益与其拦蓄库容密切相关。

参考文献

1 陕西省水土保持局编. 坝地利用. 陕西人民出版社,1977. 8
2 陕晋水坠坝试验研究工作组编. 水坠坝. 水利出版社,1980. 8
3 徐乃民. 韭园沟流域水土保持措施经济效益调查. 水土保持试验研究成果汇编(第3集). 黄委会绥德水土保持科学试验站,1985. 5
4 张永轩等. 陕北黄土丘陵一副区淤地坝的经济效益和发展潜力. 水土保持试验研究成果汇编,第3集,1985,5
5 徐乃民等. 榆林地区打坝淤地调查. 水土保持试验研究成果汇编(第3集),1985. 5