

延河流域 2013 年 7 月连续暴雨下淤地坝 毁坏情况调查与评价

魏艳红¹, 王志杰¹, 何忠^{1,2}, 于卫洁², 李玉进², 焦菊英^{1,2}

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: [目的] 查明 2013 年 7 月延河流域连续出现的 5 次范围广, 历时长, 量级大的强降雨条件下淤地坝的运行及毁坏情况。[方法] 对延河流域 3 县区 15 个小流域 45 座淤地坝进行实地考察。[结果] 被调查淤地坝中 35 座经受住了暴雨洪水的袭击。遭毁坏的 10 座淤地坝中 9 座为已淤满变为耕地的“闷葫芦”坝(一大件)及 1 座新建坝。而尚未淤满正在发挥作用的淤地坝以及新旧结合的坝系大多数都正常运行。[结论] 延河流域该次淤地坝毁坏的直接原因是高强度和持续集中降雨造成的超标准暴雨洪水, 同时淤地坝在建设、运行和管理方面也存在诸多问题。

关键词: 延河流域; 淤地坝毁坏; 暴雨; 调查与评价

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)03-0250-06

中图分类号: S157.2

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.03.052

Investigation and Evaluation on Check Dams Damaged Condition Under Continuous Rainstorm in Yanhe River Basin in July 2013

WEI Yanhong¹, WANG Zhijie¹, HE Zhong^{1,2}, YU Weijie², LI Yujin², JIAO Juying^{1,2}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: [Objective] To find out the running and damaged condition of check dams in the five heavy rainfalls with wide range, long duration and large magnitude in July 2013 in the Yanhe river basin. [Methods] Field survey of 45 check dams in 15 small basins of 3 counties in the Yanhe river basin was conducted. [Results] It was found that 35 check dams could withstand the storm and flood struck. While only one new dam and 9 old check dams transformed to cultivated land were destroyed. The dams, which was still not full of silt and the dam system of the new dam combined with the old dam, worked very well. [Conclusion] The direct cause of the destroy of check dams was the over-standard rainstorms and floods caused by intense and concentrated rainfall. Meanwhile, there are many problems in the construction, operation and management of check dams in the Yanhe river Basin.

Keywords: Yanhe river basin; check dam destroyed; rainstorm; investigation and evaluation

淤地坝作为黄土高原水土流失治理和减少入黄泥沙最直接有效的手段,从 20 世纪 60、70 年代开始至今一直受到高度重视和大力推进。然而,由于淤地坝拦沙功能的实现主要依靠库容^[1],而早期修建的淤地坝在经过几十年的运行之后已逐渐淤满,丧失滞洪拦沙能力,在暴雨洪水的袭击下,逐渐损坏,成为病坝或险坝。根据 2009 年陕西省淤地坝安全大检查专项

行动总结报告,全省现有的 38 951 座淤地坝中,绝大部分淤地坝是在 20 世纪 60、70 年代修建的。其中,骨干坝存在安全隐患的有 1 250 座,占骨干坝总数的 48.9%;中型坝存在安全隐患的有 4 951 座,约占中型坝总数的 54.7%。存在安全隐患的骨干坝和中型坝有 99% 分布于榆林、延安两市^[2]。可见,现存淤地坝病险问题十分突出。

收稿日期:2014-04-01

修回日期:2014-04-17

资助项目:中国科学院重点部署项目“黄土高原及周边沙地近代生态环境的演变与可持续性”(KZZD-EW-04-03-04);国家自然科学基金面上项目(41371280);高等学校博士学科点专项科研基金(20130204110025)

第一作者:魏艳红(1988—),女(汉族),甘肃省白银市人,博士研究生,研究方向为土壤侵蚀。E-mail: yhwego@163.com。

通信作者:焦菊英(1965—),女(汉族),陕西省宝鸡市人,研究员,主要从事流域侵蚀产沙、土壤侵蚀与植被关系及水土保持效益评价研究。E-mail: jyjiao@ms.iswc.ac.cn。

2013年7月,延河流域遭遇了自1945年有气象记录以来历时最长、强度最大、暴雨日最多且间隔时间最短的持续强降雨。延安市宝塔区为7月份暴雨中心,降雨量高达792.9 mm。暴雨引发了系列灾害,据统计延安市受灾人口达 1.03×10^6 人次,房屋倒塌 3.04×10^4 间(孔),水毁干线公路53.72 km,县乡公路214.2 km,农村道路563.2 km,各类桥涵1543座,发生滑塌7815处,农作物受灾面积 5.43×10^4 hm²,受损淤地坝516座,水库21座,水窖水井9652处,集中供水工程27处,供水管网105.8 km,堤防76.04 km,基本农田8100 km²,因灾死亡42人,受伤133人,累计经济损失 7.35×10^9 元^[3]。由于强降雨达到百年一遇的标准,远超中小型淤地坝30~50 a一遇的防洪标准,造成部分淤地坝被冲毁。

为此,本文通过对延河流域典型小流域淤地坝在2013年7月连续暴雨条件下的运行和毁坝状况的实地考察,分析目前大规模退耕还林(草)条件下淤地坝的毁坏特征及其原因,旨在了解淤地坝对暴雨的防御能力,以期为新时期的旧坝除险加固、新坝建设和管理提供借鉴。

1 研究区概况

延河是黄河的一级支流。延河流域地处 $108^{\circ}41'01''$ — $110^{\circ}27'48''$ E, $36^{\circ}27'00''$ — $37^{\circ}58'39''$ N,其主要支流有杏子河、平桥川、西川河、南川河、蟠龙川等。发源于陕西省靖边县东南天赐湾乡周山,由西北向东南,流经志丹县、安塞县、延安市宝塔区,于延长县南河沟凉水岸附近汇入黄河,全长286.9 km,流域面积7725 km²。延河流域多年平均径流总量 2.93×10^8 m³,径流的空间分布差异较大,年内分配不均匀,主要集中于夏季,夏季径流占年径流的51%~60%。延河流域属大陆性气候,年降雨量为470~500 mm,由上游至下游递增,7—9月降水量占全年的70%以上。流域内黄土丘陵沟壑的面积占全流域的90%,其中延长县以上为黄土梁峁状丘陵沟谷区,安塞县至延长县之间沿河一带为河流阶地,延长县以下为黄土宽梁残塬沟谷区,流域出口处为黄土覆盖石质丘陵沟谷区。延河流域水土流失严重,河流含沙量大,泥沙多为悬移质,全区多年平均输沙量为 0.88×10^8 t/a,输沙模数为 1.12×10^4 t/(km²·a)^[4]。

2 研究方法

2.1 暴雨分析

根据陕西省水利厅2013年7月份雨情简报,获取延河流域延安市宝塔区、安塞县和延长县及附近的

靖边县、志丹县、子长县、延川县和甘泉县共8处雨量站7月份的日降雨数据,采用空间插值的方法(IDW)绘制延河流域7月份降雨等值线图(附图7)。

2.2 淤地坝调查

选取延河流域延安市宝塔区、安塞县和延长县,通过对不同淤地坝运行以及溃坝状况进行实地考察和走访,并结合2009年陕西省淤地坝安全大检查专项资料,获取建坝年份、坝控面积、坝高、淤积情况和建筑物特征等基本信息(详见表1)。

共调查45座淤地坝,坝高5~15 m的20座,15~25 m的23座,大于25 m的2座;坝控面积小于1 km²的12座,1~3 km²的25座,3~5 km²的8座;从淤积情况来看,已淤满或基本淤满的淤地坝16座,其余29座为未淤满或基本无淤积;淤地坝“三大件”是指坝体、溢洪道和放水建筑物,从建筑物特征来看,一大件的淤地坝33座,二大件10座,三大件2座;不同年代的建坝数分别为:20世纪70年代7座,80年代3座,90年代5座,其余30座建于2000年之后。

3 结果与分析

3.1 暴雨特征

2013年7月份,延河流域共出现5次历时长、强度大、波及范围广的强降雨过程,超过百年一遇的标准(表2)。5次暴雨的情况为:7月3日至4日,延河流域出现第一次暴雨过程,宝塔区降雨量高达104 mm,安塞县72 mm,延长县0 mm,其附近各县降雨量在26~75 mm。7月8日至16日,出现第二次暴雨过程,持续时间长,降雨强度大,宝塔区降雨量达386.7 mm,安塞县298.5 mm,延长县216.7 mm,其余各县在220.2~403 mm。从7月18日至19日,又开始了新一轮的暴雨过程,宝塔区降雨量98 mm,其余各县降雨量在15~44 mm。7月22日至23日,进入第四次暴雨过程,甘泉县降雨量高达117.6 mm,宝塔区降雨量71.5 mm,其余各县在18~45.5 mm。7月25日至27日,出现本月最后一次暴雨过程,靖边县降雨量达108.6 mm,安塞县94.7 mm,宝塔区92.3 mm,延长县69.1 mm,其余各县在49.3~86.8 mm。

可见,每次暴雨事件的暴雨中心并不一样。通过汇总延河流域3县区整个7月份的降雨资料,7月份暴雨中心位于延安市宝塔区,降雨量高达792.9 mm,是其常年全年平均降雨量的一倍多;延安市西北部的安塞县降雨量524 mm,而延长县为327 mm。按照降雨量级大小,延安市宝塔区为暴雨高值区,安塞县为暴雨中值区,延长县为暴雨低值区(附图7)。

表 1 延河流域淤地坝基本情况

县/区	小流域名	编号	建坝年份	坝控面积/ km ²	坝高/m	淤积情况	建筑物特征	坝体情况
安塞县	毛堡则	m ₁	2004	0.28	2.6	基本淤满	一大件	有淤泥,无积水
		m ₂	2000	9.50	28.0	已淤满	一大件	耕地
	尚合年	s ₁	1996	4.98	5.5	基本淤满	一大件	坝内种植白杨树
		s ₂	2010	4.69	6.5	未淤满	一大件	撂荒,放牧
	高家沟	g ₁	2009	0.22	4.5	未淤满	一大件	有淤泥
		g ₂	2008	0.49	17.0	未淤满	二大件	坝内积水
		g ₃	1992	2.80	30.0	未淤满	三大件	坝内积水
		g ₄	2011	0.27	2.5	基本无淤积	一大件	新修坝
		g ₅	2003	2.39	20.0	未淤满	二大件	坝内淤积过半
		g ₆	2001	0.50	18.0	未淤满	二大件	坝内积水
		g ₇	1998	1.04	16.0	未淤满	三大件	坝内积水
		g ₈	2012	0.85	6.0	未淤满	一大件	坝内无淤积
	石子湾	sz ₁	2000	7.13	15.0	未淤满	二大件	坝内积水
		sz ₂	2010	0.82	12.0	未淤满	一大件	坝内积水
		sz ₃	2001	1.86	14.0	未淤满	一大件	坝内积水
	张家河	z ₁	2007	10.6	24.0	已淤满	二大件	坝内种植苗圃
	陈家圪	c ₁	1978	2.69	11.0	已淤满	一大件	撂荒
		c ₂	2011	3.99	13.0	未淤满	一大件	坝体加高,坝内积水
		c ₃	2013	6.71	7.0	未淤满	一大件	坝内积水
		c ₄	2002	0.47	12.0	基本淤满	一大件	耕地
	徐家沟	x ₁	1970	3.12	25.0	未淤满	一大件	坝内种植松树、玉米
		x ₂	2012	0.56	4.8	未淤满	一大件	新修坝
	闫岔	y ₁	1972	2.00	17.0	已淤满	二大件	耕地
		y ₂	2001	1.27	16.0	基本淤满	一大件	坝内积水
	贺庄	h ₁	2013	2.56	8.0	未淤满	一大件	新修坝
		h ₂	2008	1.75	7.0	未淤满	一大件	坝内种植松树,有淤泥
h ₃		2002	1.93	11.0	未淤满	一大件	坝内积水	
李家沟	l ₁	1993	2.00	19.0	未淤满	一大件	耕地	
	l ₂	1974	1.50	18.0	基本淤满	一大件	耕地	
	l ₃	1994	1.30	25.0	基本淤满	一大件	坝内积水	
马家沟	mj ₁	2006	1.44	23.0	未淤满	一大件	坝内有少量水	
	mj ₂	2007	1.23	17.0	未淤满	一大件	坝内有少量水	
	mj ₃	2006	0.66	18.5	未淤满	一大件	坝内有少量水	
谢屯	xt ₁	2001	2.46	24.0	未淤满	二大件	坝内积水	
	xt ₂	1985	1.12	11.0	基本淤满	二大件	坝内种植松树	
	xt ₃	2009	2.10	23.0	未淤满	二大件	坝内积水	
宝塔区	碾庄	n ₁	2006	0.36	4.5	未淤满	一大件	耕地
		n ₂	2005	1.50	13.0	未淤满	一大件	坝内积水
		n ₃	2002	0.84	14.0	未淤满	一大件	坝内积水
		n ₄	1981	1.00	15.0	基本淤满	二大件	耕地
		n ₅	1973	2.65	20.0	已淤满	一大件	耕地
丰富川	f ₁	1975	1.58	17.0	已淤满	一大件	耕地	
延长县	五羊川	w ₁	1972	2.79	22.0	已淤满	一大件	耕地
		w ₂	1989	1.87	16.0	已淤满	一大件	耕地
		w ₃	2009	1.23	15.0	未淤满	一大件	撂荒,有淤泥

3.2 淤地坝的毁坏特征及原因分析

通过对延河流域 3 县区 15 个小流域 45 座淤地坝

在 2013 年 7 月暴雨下的运行与毁坏情况的调查(表 3),并结合附图 7 可知,大体上是距离暴雨中心区越近

的淤地坝损毁较多且较严重;反之,则损毁较少,程度也较轻。调查中发现造成此次淤地坝垮坝的直接原因是高强度和集中降雨造成的超标准暴雨洪水,就淤地坝本身的建设、运行和管理而言,也存在诸多问题。

在暴雨高值区延安市宝塔区,共调查了2个流域6座淤地坝,毁坏2座,分别为坝体冲垮和坝地冲毁,其余4座坝均正常运行,经受住了暴雨洪水的袭击。其中,延安市宝塔区碾庄流域马口湾坝(n_5),修建于

20世纪70年代,为一大件工程,现为耕地,2013年7月暴雨中坝体被冲垮;宝塔区丰富川流域淤地坝(f_1),同为一大件工程,建于20世纪70年代,坝地种植玉米,坝控流域内有削山造田,2000年以后没有新修坝,在2013年7月暴雨中坝地被冲毁。可见,由于建坝时间久远,超过了设计淤积年限,库容淤满,丧失了滞洪能力。而对于尚未淤满的淤地坝,有一定的滞洪库容,暴雨条件下安全度汛。

表2 延河流域及附近各县区2013年7月5次暴雨情况

暴雨次数	起止日期	暴雨天数/d	各县区降雨量/mm							
			宝塔区	安塞县	延长县	靖边县	志丹县	子长县	延川县	甘泉县
1	03—04	2	104.0	72.0	0	52.0	45.0	75.0	70.0	26.9
2	08—16	9	386.7	298.5	216.7	244.4	330.3	220.2	403.0	235.0
3	18—19	2	98.0	15.0	0	20.0	25.0	17.0	35.0	44.0
4	22—23	2	71.5	31.5	39.5	18.0	45.5	21.8	43.9	117.6
5	25—27	3	92.3	94.7	69.1	108.6	86.8	85.0	78.7	49.3
合计		18	752.5	511.7	325.3	443.0	532.6	419.0	630.6	472.8

表3 延河流域典型小流域毁坏淤地坝统计

县/区	小流域名	坝座数/座	毁坝数/座	毁坏部位	毁坏原因
安塞县	毛堡则	2	2	坝体冲垮	滑坡
	尚合年	2	2	坝体冲垮	滑坡数处
	高家沟	8	0		滑坡、崩塌和削山造田
	石子湾	3	0		削山造田
	陈家圪	4	0		滑坡、削山造田
	徐家沟	2	1	坝体冲垮	削山造田
	张家河	1	0		滑坡、工程活动
	贺庄	3	1	坝地冲毁	削山造田
	李家沟	3	0		滑坡
	马家沟	3	0		滑坡
	闫岔	2	0		滑坡
	谢屯	3	0		滑坡
宝塔区	碾庄	5	1	坝体冲垮	滑坡
	丰富川	1	1	坝地冲毁	滑坡、削山造田
延长县	五羊川	3	2	坝体冲垮	滑坡、崩塌
总数	15	45	10		毁坝比22%

在暴雨中值区安塞县,共调查了12个流域36座淤地坝,除6座毁坏外,其余30座均正常运行。毁坝数最多的毛堡则流域和尚合年流域,所调查的4座淤地坝全部毁坏,皆为坝体冲垮。其中,毛堡则流域1号坝(m_1),建于2004年,坝控面积 0.28 km^2 ,是无排水设施的“闷葫芦”坝,2013年暴雨坝体中部被冲垮,坝内滑塌物堆积,淤积严重,基本淤满,有淤泥无积水;毛堡则流域2号坝(m_2),是“闷葫芦”坝,建于2000年,坝控面积 9.50 km^2 ,已淤满变为耕地,种植玉米,坝体原来被洪水拉出一道口子,在2013年7月暴雨中再次严重冲刷,切割2米左右;尚合年流域1

号坝(s_1),建于1996年,坝控面积 4.98 km^2 ,坝内种植白杨树,为便于放牧,坝体遭人为开挖,2010—2011年坝体决口,2013年7月暴雨再次冲刷,下切0.5米左右;尚合年流域2号坝(s_2),建于2010年,坝控面积 4.69 km^2 ,连环坝(从里往外共10个),中间腰坝坝体过低且一侧均被人为挖开,第10座坝被冲毁,其他坝相对完整。而且这些淤地坝靠近暴雨中心宝塔区,降雨量大且集中。徐家沟流域2号坝(x_2)是2012年新修坝,为一大件的“闷葫芦”坝,坝控流域内坡耕地较多,且2012年削山造田,破坏坝控流域内植被,扰动土体,在2013年7月暴雨中坝体中部被冲垮。

贺庄流域 2 号坝(h_2), 建于 2008 年, 是“闷葫芦”坝, 现已淤满成为耕地, 种植作物, 无滞洪库容, 坝地被冲毁。而其余 8 个流域内正常运行的淤地坝, 大多未淤满, 坝内积水, 坝体较坚固并有一定的水工设施。其中高家沟、石子湾、陈家瓜、李家沟、马家沟、闫岔和谢屯流域多为水坝, 淤积少, 库容大, 具备防洪能力; 而张家河流域则是新老坝结合的连环坝系, 老坝淤满种植苗圃, 上游新坝是鱼塘, 坝侧有排水渠, 且距暴雨中心稍远, 坝体完好, 正常运行。

在暴雨低值区延长县, 调查了 1 个流域 3 座淤地坝, 毁坏 2 座, 均为坝体被冲垮。其中, 五羊川流域 1 号坝(w_1), 建于 20 世纪 70 年代, 已耕种 20 a 左右, 坝控流域内梯田面积较大, 坝体无排水设施, 2013 年 7 月暴雨过后, 坝体被冲垮, 坝地冲毁过半, 大量泥沙淤积沟道; 五羊川流域 2 号坝(w_2), 建于 1989 年, 坝内种植玉米, 坝体被冲垮, 该流域泥沙淤积很少, 几乎沟沟有坝(表 3)。毁坝主要原因是所调查淤地坝建于 20 世纪 70—80 年代, 现已淤满并长期耕种, 且为无排水设施的“闷葫芦”坝, 暴雨条件下坝体被冲垮。

综上, 通过对延河流域 2013 年 7 月不同降雨量级下淤地坝运行情况及毁坏原因分析可知, 大多数淤地坝经受住了暴雨洪水的袭击, 遭毁坏的淤地坝多为已淤满变为耕地的“闷葫芦”坝(一大件), 还有少数新建坝。而尚未淤满, 正在发挥作用的淤地坝以及新旧结合的坝系, 则大多正常运行, 经受住了此次暴雨洪水的考验。此外, 大中小淤地坝联合运用的小流域坝系(如高家沟流域)对暴雨洪水具有较强的抵御能力, 发挥着显著的生态、社会和经济效益。调查中发现, 养护不及时和人为破坏也是不容忽视的因素, 而且部分流域存在削山造田, 坡面植被遭破坏, 土体扰动, 稳定性差, 加之持续强降雨已使土壤含水极度饱和, 致使流域内重力侵蚀(滑坡、崩塌)随处可见(表 3), 增加了沟道泥沙来源, 加重了淤地坝滞洪压力, 增加了溃坝风险。

4 结论与建议

4.1 结论

关于淤地坝水毁原因, 概况起来, 主要集中于 3 个方面: (1) 范围广, 历时长, 量级大的超标准暴雨洪水是毁坝的直接原因; (2) 设计不合理、防洪标准低是淤地坝毁坏的根本原因; (3) 年久失修、管护缺位则加剧了淤地坝损毁的程度和范围。通过分析比较 20 世纪 70—80 年代溃坝原因以及 21 世纪初的大量研究, 在经过许多年的探索和改进之后, 现阶段淤地坝水毁原因主要有以下两点不同之处:

(1) 20 世纪 70—80 年代分别是淤地坝建设的高潮阶段和以治沟骨干工程为主体的坝系建设阶段^[5], 流域内未形成完整的坝群, 溃坝主要由缺乏骨干坝和淤地坝施工建设质量不过关所引起, 淤地坝水毁灾害比较严重, 如 1973 年 8 月 25 日, 陕西省延川县突降 200 a 一遇暴雨, 7 570 座淤地坝遭受不同程度损毁的有 3 300 座, 占 43.6%。1975 年 8 月, 陕西省延长县先后发生两次强降雨, 相当于 100 a 一遇, 其中 6 000 座淤地坝中有 1 830 座不同程度损毁, 占 30.5%^[6]; 进入 21 世纪, 大部分流域已形成完整坝系, 然而流域内现存大多数淤地坝却已运行多年, 库容淤满, 病险问题突出, 丧失滞洪拦沙能力, 暴雨条件下易溃坝, 但水毁程度较轻, 大多为仅在坝体拉出一道口子, 原先淤积的泥沙并未冲走, 基本滞留坝内。

(2) 20 世纪 70—80 年代淤地坝建设发展阶段, 重工程措施, 轻生物措施^[7], 流域内有大量的坡耕地存在, 植被稀疏, 当地人民群众依靠广种薄收维持生计, 越穷越垦, 越垦越穷, 坡面产流产沙量大, 大量水沙汇入河道内, 造成淤地坝防洪压力过大引起溃坝; 而 1999 年以来, 大范围实施退耕还林还草政策, 经过十多年的恢复发展, 至今已初见成效, 林草措施和淤地坝建设的同步发展, 极大地改善了自然生态环境, 达到了标本兼治的目的。然而, 流域内人为破坏活动(如削山造田、工程活动和道路建设等)的加剧也在不断地威胁着坝系的安全。

4.2 建议

经过调查, 虽然连续强降雨是造成此次延河流域淤地坝毁坏的直接原因, 但规划设计不合理、防洪标准低、年久失修和养护不善等也是重要的影响因素。依据陕西省淤地坝安全大检查专项行动总结报告, 结合延河流域实际情况, 应从以下 5 个方面着手提高淤地坝防洪滞洪能力, 使其在保持水土, 减少入黄泥沙, 减轻自然灾害, 改善生态环境和发展农村经济等方面发挥其最大的作用。

(1) 坝体除险加固维修。淤地坝作为黄土高原水土保持生态建设的一项重要措施, 其淤地拦沙效益十分显著, 为延长淤地坝的使用年限和实现淤地坝效益的持续发挥, 应注重现有病险坝的排查、加固和维修, 主要包括对已经淤满, 没有滞洪库容的旧坝进行坝体加高, 坝面水毁的补修、增设坝面排水通道, 坝体单薄的进行培厚加固等; 对于遭到毁坏的淤地坝, 在雨季来临前应加以维护, 确保淤地坝效益的继续发挥。水工设施清淤配套, 主要包括对溢洪道已堵塞的疏通清淤, 已破损的补砌维修, 临时溢洪道的扩建及改建; 对库容已淤满的一大件工程, 应补修排水渠或

溢洪道等水工设施;对已有放水建筑物但损坏严重的进行维修加固。

(2) 强化淤地坝坡面保护措施,减少坡面侵蚀。在巩固现有淤地坝坡面植被恢复的同时,跟进削山造田、石油开采以及道路建设等破坏坡面的植被恢复,减少进入沟道的来水来沙量,保证淤地坝长期健康运行。

(3) 合理设计淤积年限,提高防洪标准。在小流域坝控系统内,由于受经济规律影响,中小型淤地坝的防洪标准一般偏低。因此,应从流域实际情况出发,在统一规划的前提之下,设计合理的淤积年限和校核标准。对于淤地坝建设不足的地区,应在流域内增设一些控制性的治沟骨干坝和淤地坝,有效减轻现有淤地坝工程的防洪压力。

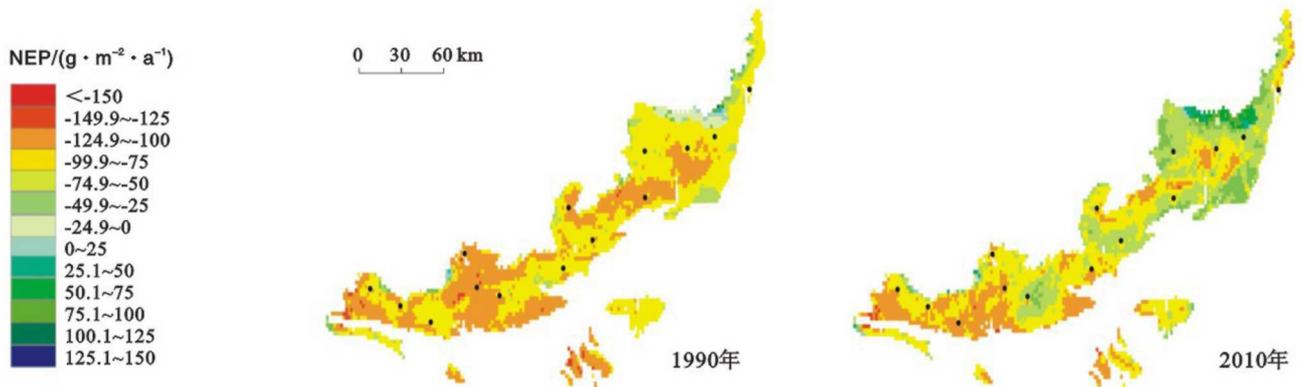
(4) 基于小流域特征科学合理规划坝系建设,并进一步加大管理投入。新时期要不断更新设计理念,针对近些年退耕还林还草效果显著,侵蚀模数有减小趋势的流域,应调整设计库容,合理规划规模,科学设计布坝格局,形成完整的沟道工程防护体系,充分发挥淤地坝工程的规模效益^[8]。同时,应确保淤地坝规划设计、工程施工、监理监测科学规范,工程质量不断提高。也应加大管理投入,建立病险坝数据库,例行检查,及时维护检修,防患于未然。

(5) 建立健全淤地坝安全法律法规,研发监测及预警预报系统^[9]。加强公众保护和公众参与意识,杜绝破坏淤地坝工程的行为^[10],制定应急管理措施,新

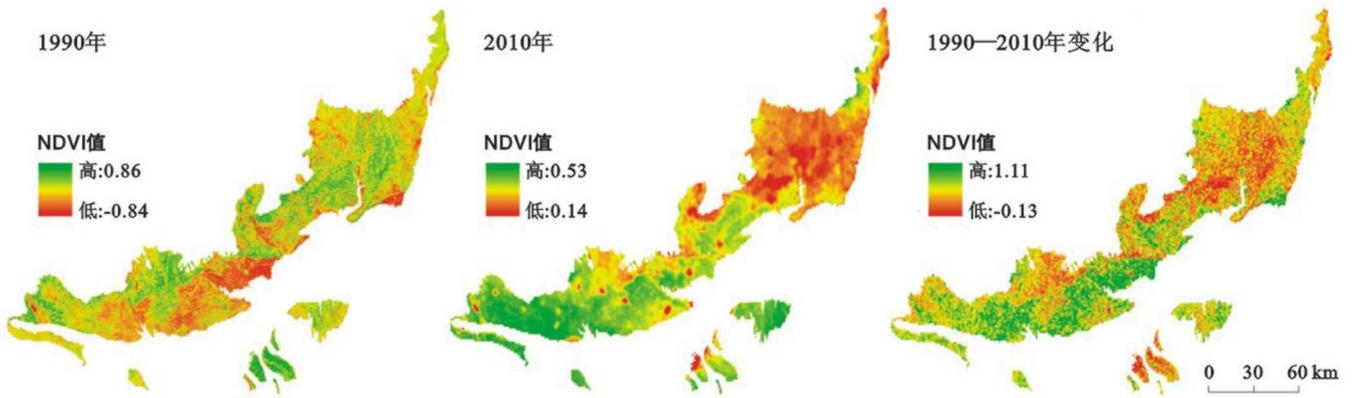
建坝应在保证工程质量的基础上,在暴雨发生时加强防范,最终实现水土保持和淤地坝发展的管理创新、战略创新、技术创新和人力创新^[11]。

[参 考 文 献]

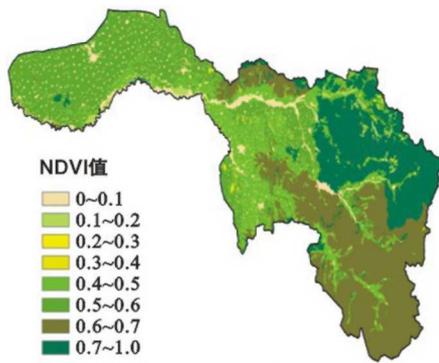
- [1] 高云飞,郭玉涛,刘晓燕,等. 陕北黄河中游淤地坝拦沙功能失效的判断标准[J]. 地理学报,2014,69(1):73-79.
- [2] 马宁,朱首军,王盼. 陕北大、中型淤地坝现状调查与分析[J]. 水土保持通报,2011,31(3):155-160.
- [3] 延安持续强降雨,受灾人口攀升至逾百万人次[EB/OL]. (2013-07-27). <http://www.chinanews.com/gn/5092197.shtml>.
- [4] 李传哲,王浩,于福亮,等. 延河流域水土保持对径流泥沙的影响[J]. 中国水土保持科学,2011,9(1):1-8.
- [5] 魏霞,李占斌,沈冰,等. 淤地坝建设中的水毁问题及其防御措施[J]. 水资源与水工程学报,2004,15(4):55-59.
- [6] 李靖,张金柱,王晓. 20 世纪 70 年代淤地坝水毁灾害原因分析[J]. 中国水利,2003(9):55-57.
- [7] 杨爱玲. 淤地坝建设更应注重与林草措施相结合[J]. 农业科技与信息,2007(7):30-31.
- [8] 李昭淑. 黄土高原淤地坝的建设与前景分析[J]. 水土保持学报,1995,9(3):43-49.
- [9] 郭军. 欧美国家近期溃坝研究及发展动向[J]. 中国水利,2005(4):23-29.
- [10] 王保清,卫三平,张淑珍. 从吕梁“9·19”特大暴雨洪水看淤地坝的防洪减灾作用[J]. 中国水土保持,2011(7):22-24.
- [11] 周月鲁. 新时期黄河水土保持创新发展的探索与实践[J]. 中国水土保持,2006(10):5-8.
- (上接第 249 页)
- [14] Contanza R, Arge R d', Rudolf de Groot, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature,1997,387(15):253-260.
- [15] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报,2008,23(5):911-919.
- [16] 李屹峰,罗跃初,刘纲,等. 土地利用变化对生态系统服务功能的影响:以密云水库流域为例[J]. 生态学报,2013,33(3):726-736.
- [17] 吴海珍,阿如早,郭田保,等. 基于 RS 和 GIS 的内蒙古多伦县土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. 地理科学,2011,31(1):110-116.
- [18] 姚成胜,朱鹤健,吕晞. 土地利用变化的社会经济驱动因子对福建生态系统服务价值的影响[J]. 自然资源学报,2009,24(2):225-233.
- [19] 白军红,余国营,王庆改. 石家庄市地表水环境分析[J]. 干旱区研究,2001,18(2):1-4.
- [20] 朱有法. 基于遥感和 GIS 的县域土地利用变化动态监测研究:以河北省沽源县为例[D]. 重庆:西南大学,2008.
- [21] 石晓丽,王卫. 生态系统功能价值综合评估方法与应用:以河北省康保县为例[J]. 生态学报,2008,28(8):3998-4006.
- [22] 傅伯杰. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2001,58-59.
- [23] 邬建国. 景观生态学:格局、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社,2007,42-80,106-124,126.



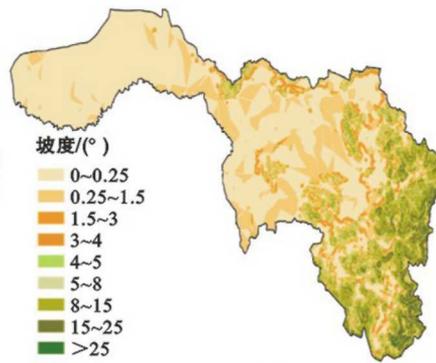
附图1 1990年与2010年陕西黄土台塬区植被土壤系统植物净生态系统生产力(NEP)估算(233页)



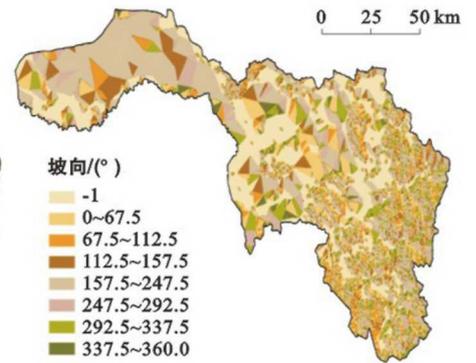
附图2 1990—2010年陕西黄土台塬区NDVI值空间格局变化(233页)



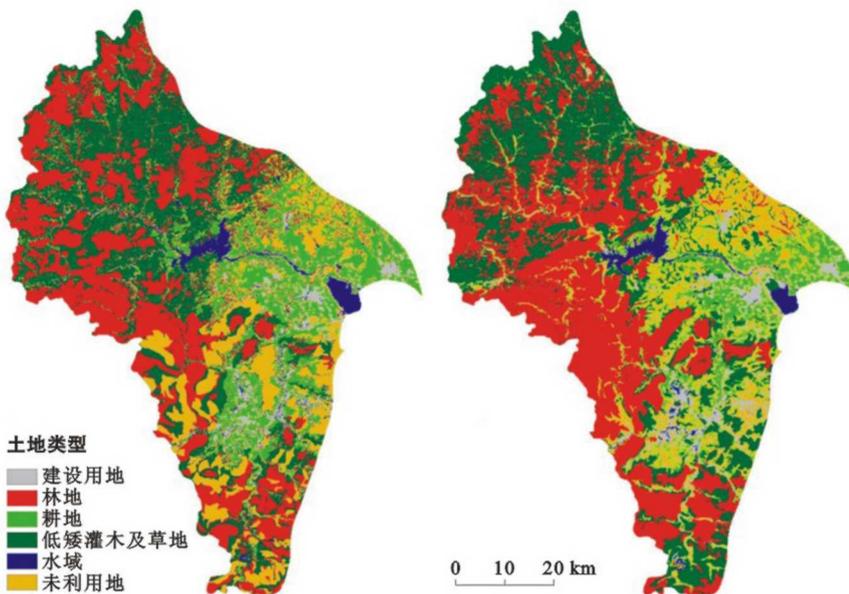
附图3 1992—2012年黑龙江省拉林河流域NDVI分级(236页)



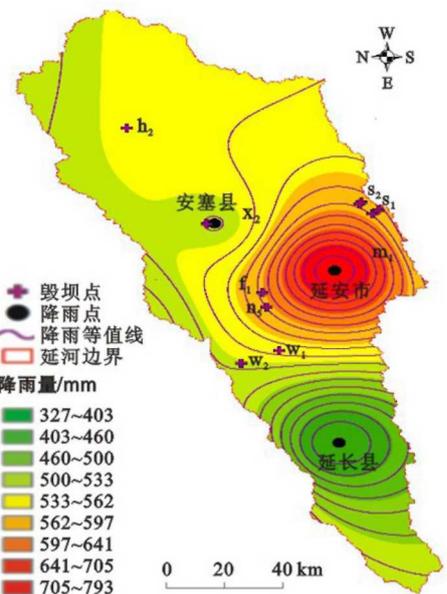
附图4 1992年黑龙江省拉林河流域坡度分级(236页)



附图5 1992年黑龙江省拉林河流域坡向分级(236页)



附图6 2000—2010年河北省石家庄市土地利用状况(244页)



附图7 延河流域2013年7月降雨量分布(251页)