

黄土高原淤地坝研究进展

曲 婵, 刘万青, 刘春春, 王 涛, 贾洁琼

(西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127)

摘 要: [目的] 对黄土高原淤地坝研究现状进行分析, 旨在揭示今后淤地坝研究的重点方向和主要任务。[方法] 利用学术论文数据库和文献计量分析法分析总结黄土高原淤地坝近 16 a 来的主要研究成果, 从淤地坝研究区域、研究方法、淤积机理等方面论述了淤地坝研究的重要进展。[结果] 16 a 来, 黄土高原淤地坝研究方向的论文数量呈现不断减少的趋势, 同时存在着在拦沙功能效益客观评判方法、坝体加高修复等方面的难点或争议性问题。[结论] 淤地坝是中国黄土高原小流域治理的主要举措, 多年实践证明其已经取得明显的水土保持成果。今后国内学者还需继续拓展淤地坝的研究深度, 注重多学科交叉和区域对比研究, 不断提高淤地坝的科学研究水平。

关键词: 黄土高原; 淤地坝; 研究进展

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)06-0339-04

中图分类号: S157.3, TV87

文献参数: 曲婵, 刘万青, 刘春春, 等. 黄土高原淤地坝研究进展[J]. 水土保持通报, 2016, 36(6): 339-342. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.06.057

Research Progress on Soil-retaining Dam in Loess Plateau

QU Chan, LIU Wanqing, LIU Chunchun, WANG Tao, JIA Jieqiong

(College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710127, China)

Abstract: [Objective] This paper analyzed the research status of soil-retaining dam aimed to provide a reference for future research on this topic. [Methods] Based on the network database of journal papers and bibliometric analysis, the research works in the past 16 years were analyzed and reviewed in terms of area, methods and deposition mechanism. [Results] The total number of research papers was in a fluctuated decrease trend in the past 16 years. Some arguments as the assessment of sediment retention function and dam heightening and other dispute topics still existed. [Conclusion] Soil-retaining dam was the key initiative in the watershed management of the Loess Plateau and years of practice have been proved significant on soil and water conservation. Scholars need to expand soil-retaining dam studies and multidisciplinary cooperation is necessary for improving theoretical level.

Keywords: the Loess Plateau; soil-retaining dam; research development

水土流失调查显示, 中国水土流失面积超过 $3.5 \times 10^6 \text{ km}^2$, 约占国土总面积的 $1/3$ ^[1]。由于黄土高原地区气候干旱、地形破碎、沟壑纵横、植被稀少, 已成为中国水土流失最严重、生态环境最脆弱的地区。严重的水土流失会造成耕地面积减少, 干旱洪涝灾害加剧, 给生态环境以及粮食安全带来严峻挑战, 制约经济社会的健康可持续发展。淤地坝作为黄土高原治理小流域水土流失的关键举措, 可以有效拦阻泥沙向下游输送, 有效控制沟道侵蚀, 促进小流域水

资源利用, 提高防洪能力。20 世纪 70 年代, 水坠筑坝技术的成功试验和推广应用, 使得淤地坝的建设工效成倍提高, 截止目前黄土高原地区建坝的总数已超过 1.07×10^5 座^[2]。近年来通过在小流域沟道中修建控制性骨干坝, 流域沟道的防洪标准大为提高, 同时拦沙、淤地、灌溉等综合效益也明显提高。由此, 在黄土高原地区深入开展淤地坝研究, 加强对淤地坝工程设施的总体规划, 对于进一步提高以小流域为单元的黄土高原水土流失治理具有十分重要的意义。

收稿日期: 2016-01-13

修回日期: 2016-04-07

资助项目: 陕西省水土保持科研示范项目“农村内涝疏导与雨水资源化利用技术研究”(1601)

第一作者: 曲婵(1991—), 女(汉族), 山西省运城市人, 硕士研究生, 研究方向为城市水土保持研究。E-mail: 13994867692@163.com。

通讯作者: 刘万青(1965—), 男(汉族), 陕西省渭南市人, 硕士, 副教授, 主要从事土壤侵蚀与水土保持方面的研究。E-mail: mclwq@si-na.com。

由于国外缺少像黄土高原水土流失如此严重的地区以及国内外建坝目的和标准的差异,国内外学者所做的研究工作不尽相同。国外学者 Castillo^[3], Boix-Fayos^[4]以及 Lenzi 和 Comit^[5]等的研究主要集中于淤地坝对沟道形态和对周围植被的影响方面,尤其重视建坝对侵蚀速率影响研究,而国内学者主要集中在水土保持功效上。国内对淤地坝的研究始于 20 世纪 50 年代,各级政府部门以及相关科研机构高度重视水土流失治理工作,投入大量的科研资金对黄土高原地区的淤地坝开展了一系列试验研究,但对研究成果的总结并不多见,公开发表的论文较少。由此,本文仅从近 16 a 来黄土高原淤地坝的论文成果进行计量统计分析,筛选出典型样本,分别从研究热点、技术方法以及研究机理等方面分析淤地坝领域的研究进展,总结出淤地坝研究中存在的难点问题,期望能对日后加强淤地坝科学研究提供参考。

1 研究数据与方法

利用期刊网学术论文数据库和文献计量分析方法,对地理学某一前沿问题进行研究进展分析,已经有成熟的应用^[6-7]。本文以中国知识资源总库(中国知网 CNKI)为文献信息的获取平台,以中国期刊全文数据库为数据源^[8],采用高级检索类型,以“主题(包括:题目、摘要、关键词)”为检索项,以“淤地坝”为检索词,文献检索时间从 2000 年截止 2015 年 11 月,共检索到相关文献 1 492 篇。根据文章的题目、关键词和摘要,对检索所得文献进行内容分析后,删除会议通知、简讯、与淤地坝相关性很小的论文后,有 890 篇。另外,依据论文内容选出“黄土高原”的淤地坝文献共 388 篇,即选择《地理学报》、《水利学报》等与黄土高原淤地坝密切相关的论文,如“陕北黄河中游淤地坝拦沙功能失效的判断标准”、“黄河中游地区淤地坝减洪减沙及减蚀作用研究”,共 388 篇论文来分析黄土高原淤地坝的进展。

2 结果与分析

2.1 淤地坝的工程建设成就

中国自 2003 年以来,淤地坝作为水利 3 个亮点工程之一在黄土高原地区取得了显著性的进展。同时,黄河水利委员会在编制完成的《规划》中指出 2003—2020 年,黄土高原地区将修建淤地坝 1.63×10^5 座,其中骨干坝 3 万座。工程建成后,可新增拦泥能力 4.00×10^{11} t,蓄水能力 1.7×10^{11} km³,年减少入黄泥沙 7.00×10^8 t,在 30 a 的计算期内经济效益达 1 800 多亿元。根据 2009 年水利部组织的淤地坝

安全大检查统计资料^[9],截止 2008 年底,黄土高原地区共建淤地坝 9.10×10^4 座,淤成坝地约 3.00×10^8 hm²,总库容达到 1.03×10^{11} km³,拦泥库容达到 7.00×10^4 km³,控制面积为 3.26×10^4 km²(表 1)。水利部《水农[2015]371 号》资料显示,至 2015 年,黄土高原已建设淤地坝 1.07×10^5 座,今后应加强黄土高原地区淤地坝建设及病险坝除险加固,完成水土流失综合治理面积 5.00×10^4 km²。此外,在多沙区的 33 条支流(片)建成较为完善的沟道坝系基础上,应继续加强整个黄土高原地区的淤地坝建设。

表 1 截至 2008 年底黄土高原淤地坝建设统计

省(区)	淤地坝/座			总库容/ 10 ⁴ km ³	拦泥库容/ 10 ⁴ km ³	控制面积/ km ²
	骨干坝	中型	小型			
青海	154	97	323	10 333	6 620	624
甘肃	508	372	585	45 570	23 636	2 651
宁夏	347	324	446	51 439	20 747	3 850
内蒙古	735	517	1 124	96 944	50 153	4 006
陕西	2 555	9 054	27 351	593 071	45 004	1 484
山西	1 032	590	42 953	213 782	15 265	5 418
河南	178	289	1 568	26 107	14 235	1 319
合计	5 509	11 234	74 350	1 036 245	71 819	3 262

2.2 淤地坝研究文献分析

由文献数据分析可知,2000—2015 年黄土高原淤地坝研究论文篇数在波动中不断减少,其中 2003 年最多(68 篇),2005 年次之(40 篇)。本次检索到的 388 篇论文,共发表在 40 种期刊上,发文量在 20 篇以上的期刊有 3 种,中国水土保持(55 篇),中国水利(30 篇),山西水土保持科技(22 篇)。国内地理学权威期刊农业工程学报和中国科学和水利学报共发文 12 篇,约占总量 4%,核心期刊共发文 172 篇,约占 46%。黄土高原淤地坝研究论文在这些重点刊物发表,说明淤地坝研究属于地理学和水文学的前沿课题,也表明今后还需不断拓展淤地坝的研究深度,提高该领域的理论研究水平,推动方法创新。科研团队、课题组是高水平研究成果产出的根本所在。若按作者所属科研机构统计,黄河水利委员会黄河上中游管理局和西安理工大学所发表的论文最多,其中黄河水利委员会黄河上中游管理局的研究内容多集中于黄土高原淤地坝整体建设规模与管理问题,而西安理工大学则多侧重于淤地坝淤积量的分析研究。根据黄土高原淤地坝研究主题,结合期刊论文总量特征,表明黄土高原淤地坝研究呈现较为明显的阶段性特点。以 2007 年为界可划分为 2 个阶段。第 1 阶段(2000—2007 年),论文总数为 223 篇,年均 27 篇,研究区域主要集中于黄土高原的多沙粗沙区,研究方法

主要为水文水保法,代表性作者为许炯心和李占斌,发文量占该阶段总数的10%。第2阶段(2008—2015年),论文总数为165篇,年均20篇,与前一阶段相比,研究区域更加广泛,研究方法则集中于水文模型法,尤其GIS与RS技术方法应用较为普遍,以RUSLE模型模拟为代表,增加了有关流域输沙能力与淤地坝拦沙效率的专业模块,代表性作者为田鹏^[10]。通过对上述文献进行深入分析,发现国内淤地坝研究具有热点热区相对集中,技术方法不断改进和机理研究不断深化等显著特点。

2.2.1 研究热点热区相对集中 国内学者所选择的黄土高原淤地坝的部分研究区位主要集中于黄土高原的多沙粗沙区,尤其是皇甫川、无定河、黄土洼等地。为了系统分析单坝拦水减沙效益与其影响因素之间的关系,焦菊英等^[11]将皇甫川、窟野河、佳芦河、秃尾河、大理河5条小流域作为研究样区,结果表明5个样区单坝的拦水效益与降雨成反比,减沙效益与降雨成正比。2006年,许炯心^[12]在大量实测无定河淤地坝资料的基础上,认为坝地面积增加率在20世纪70年代达到峰值,80年代显著减少,90年代进一步衰减。龙翼等^[13]则以中国最早的淤地坝子洲县黄土洼为研究对象,根据泥沙粒度和孢粉浓度的变化计算出每次暴雨洪水的产沙模数,得出该地区明代的土壤侵蚀强度与现代接近。

2.2.2 技术方法不断改进 随着学者对黄土高原考察地点的不断增多,对于淤地坝的减水减沙效益的研究方法也逐渐从水文水保法向水文模型过渡,并出现了黄土高原坝系模型试验。2004年,冉大川等^[14]采用“水保法”对黄河中游多沙粗沙区的河口镇至龙门区(河龙区间)及泾河、北洛河、渭河流域淤地坝的减洪减沙及减蚀作用进行了研究,即分别计算出年内各流域的年产洪模数及年输沙模数,从而得到与实际较符合的减洪量和减沙量。2005年,徐向舟^[15]通过黄土高原沟道坝系模型试验方法即采用半比尺模型试验方法进行沟道坝系的降雨产沙试验对比,从而预测原型地貌的演变规律。这种方法将在模型沟道上建坝后出现的地貌演变现象与原型地貌现象发生联系,能够方便人们利用模型试验论证原型水土保持治理的方案。2010年,綦俊谕等^[16]建立降水产流和降水产沙经验关系式,并以此关系式代入实测降水资料后计算出下垫面条件不变时应产生的水量和沙量,从而得到岔巴沟流域库坝等工程措施为主的水土流失治理方式减沙作用为65%左右。

2.2.3 机理研究不断深化 淤地坝的淤积机理是指沟道修建淤地坝后,坝址上游沟道的侵蚀基准面会因坝

地的淤高而提高,从而减缓了坝址上游淤积段河床的比降,加宽了河床以及大大减小了水流的侵蚀能力和挟沙能力。同时,由于淤地坝的拦沙蓄水作用,延长了含沙水流在淤地坝内的滞留时间,增加了其沉积落淤量。

为了分析淤地坝的淤积量与影响因素间的关系,王晓燕等^[17]通过对燕沟流域坝地沉积泥沙¹³⁷Cs含量进行分析,发现沉积层的核素浓度会随沉积层厚度(次降雨侵蚀量)变化而变化。2011年,薛凯等^[18]根据淤地坝运行期间年沉积泥沙累积曲线,将该坝运行期内小流域侵蚀历史划分为3个阶段。通过与相对应降雨资料进行对比,发现人类活动是影响土壤侵蚀强度呈现阶段性变化的主要因素。2012年,高海东等^[19]使用修正通用土壤流失方程(RUSLE)分析了不同时期的流域土壤侵蚀模数,定量揭示了淤积高度的增加对流域的水力侵蚀影响。

3 结论与展望

3.1 结论

通过分析淤地坝的工程建设成就和文献研究成果,表明虽然淤地坝研究方面所发表的论文总量在近16a来呈现减少趋势,但在研究内容和方法上却取得了明显进展,主要表现为研究地点增多、研究机理的深入、技术创新步伐较大以及计算机、“3S”等技术手段的广泛应用。但是,分析中还存在着拦沙功能效益客观评判方法、坝体加高修复等方面的难点或争议性问题。

3.2 展望

(1) 拦沙功能失效的判断标准研究。在黄土高原淤地坝研究中,随着淤地坝工程结构改变,对于未来拦沙作用失效判断标准变化的研究具有重要指导价值。淤地坝拦沙功能效率主要依靠库容,当泥沙淤积达到可淤积库容的最大值后,即失去拦沙能力,具有明显的时效性特点。2009年水利部开展了黄土高原淤地坝安全大检查,从中发现各省(区)均存在较多淤地坝的已淤库容超过拦泥库容的现象。而且,直接将拦泥库容作为淤地坝拦沙功能失效的判断标准,与现实情况存在偏差,会导致淤地坝滞洪减灾以及淤地造田等计算误差加大。高云飞^[20]从淤地坝工程结构的角度,剖析了排水排沙位置的改变是判断标准形成的原因,并提出将0.77,0.88作为现状骨干坝、中小坝拦沙功能失效与否的合适判断标准。但随着淤地坝工程结构改变,其失效判断标准也会随之变化。所以要准确评估现存淤地坝的拦沙作用,还需进一步研究淤地坝拦沙功能失效的判断标准。

(2) 淤地坝坝体分期加高的生态风险研究。开

展淤地坝坝系模型试验,比较拦沙淤地效果与建坝顺序之间的关系对于淤地坝建设的规划设计具有重要的实际意义。目前在实际的淤地坝建设过程中,很多淤地坝是采用一次规划设计,分期进行加高,最后达到设计坝高的建设方式。为了避免由于规划不合理而造成的重复建设和资金浪费,建设的坝系无法发挥其应有的作用。张晓明^[1]通过建立坝前贴坡式分期加高的数学模型,即利用坝前淤积的泥沙充当部分坝体土方工程量,减少工程投资。但是,由于淤地坝的逐年淤积,在设计淤积年限内拦泥库容相应减少,坝前淤积的泥沙会随之增加。所以如何在小流域内对坝体进行分期加高,包括加高的次数、时间间隔以及每次加高的高度等,还需要进一步的研究才能使坝体分期加高更为科学合理。

(3) 多学科合作研究。近年来,多数研究者只关注淤地坝的拦沙效益,而对淤地坝在淤积过程中会抬升侵蚀基准面,淹没原来侵蚀较为严重的陡坡地带所产生的减蚀效应研究相对较少。汪彦应用高分辨率层序学中的基准面旋回原理,对基准面变化进行了详尽的分析,即基准面的升降变化引起了可容纳空间增长率(A)和沉积物供给量(S)的相对变化。因此,加强地理学与地质学相关领域间的合作,有望为研究淤地坝对严重陡坡地带所产生的减蚀效应提供可靠的数据来源。此外,关于淤地坝土壤水分对地下水补给的水文效应研究,可以将水文水利学与土壤学在涉及学科交叉地方进行深入研究和协调。尤其在关键性问题上,各学科间应展开更多合作,从多个角度对黄土高原地区淤地坝进行研究,各取所长,共同促进研究水平的提高。

[参 考 文 献]

- [1] 张晓明. 黄土高原小流域淤地坝系优化研究[D]. 陕西棱凌:西北农林科技大学,2014.
- [2] 曹全意,高小平,马春林. 黄土高原丘三区骨干坝建设实践与可行性分析[J]. 人民黄河,2005,27(4):27-28.
- [3] Castillo V M, Mosch W M, Garcia C C, et al. Effectiveness and geomorphological impacts of check dams for soil erosion control in a semiarid Mediterranean catchment: El Carcavo (Murcia, Spain)[J]. Catena, 2007, 70(3):416-427.
- [4] Boix-Fayos C, Barbera G G, Lopez-Bermudez F, et al. Effects of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: Case study of the Rogativa catchment (Murcia, Spain)[J]. Geomorphology, 2007, 91(1/2):103-123.
- [5] Lenzi M, Comiti F. Stream bed stabilization using boulder check dams that mimic step-pool morphology features in Northern Italy[J]. Geomorphology, 2002, 45(3/4):243-260.
- [6] 田亚平,常昊. 中国生态脆弱性研究进展的文献计量分析[J]. 地理学报,2012,67(11):1515-1525.
- [7] 张德铨,聂勇,吕晓芳. 中国土地利用文献分析及研究进展[J]. 地理科学进展,2008,27(6):1-11.
- [8] 中国学术期刊(光盘版)电子杂志社. 中国期刊全文数据库[EB/OL]. <http://www.cnki.net>.
- [9] 黄河上中游管理局. 黄河流域水土保持概论[M]. 河南郑州:黄河水利出版社,2011.
- [10] 田鹏,赵广举,穆兴民,等. 基于改进 RUSLE 模型的皇甫川流域土壤侵蚀产沙模拟研究[J]. 资源科学,2015,37(4):832-840.
- [11] 焦菊英,王万忠,李靖,等. 黄土高原丘陵沟壑区淤地坝的减水减沙效益分析[J]. 干旱区资源与环境,2001,15(1):78-83.
- [12] 许炯心,孙季. 无定河淤地坝拦沙措施时间变化的分析与对策[J]. 水土保持学报,2006,20(2):26-30.
- [13] 龙翼,张信宝,李敏,等. 陕北子洲黄土丘陵区古聚淤洪水沉积层的确定及其产沙模数的研究[J]. 科学通报,2009,54(1):73-78.
- [14] 冉大川,罗全华,刘斌,等. 黄河中游地区淤地坝减洪减沙及减蚀作用研究[J]. 水利学报,2004,35(5):7-13.
- [15] 徐向舟. 黄土高原沟道坝系拦沙效应模型试验研究[D]. 北京:清华大学,2005.
- [16] 蔡俊谕,蔡强国,方海燕,等. 岔巴沟流域水土保持减水减沙作用[J]. 中国水土保持科学,2010,8(1):28-33.
- [17] 王晓燕,陈洪松,田均良,等. 侵蚀泥沙颗粒中¹³⁷Cs 的含量特征及其示踪意义[J]. 泥沙研究,2005,4(2):61-65.
- [18] 薛凯,杨明义,张凤宝,等. 利用淤地坝泥沙沉积旋回反演小流域侵蚀历史[J]. 核农学报,2011,25(1):115-120.
- [19] 高海东,李占斌. 梯田建设和淤地坝淤积对土壤侵蚀影响的定量分析[J]. 地理学报,2012,67(5):599-608.
- [20] 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.