

文章编号: 1672-3031 (2003) 01-0009-08

新时期淤地坝规划设计中的若干技术问题探讨

高季章¹, 曹文洪², 汪小刚³

(1 中国水利水电科学研究院, 北京 100044; 2 中国水利水电科学研究院 泥沙研究所, 北京 100044;

3 中国水利水电科学研究院 岩土工程研究所, 北京 100044)

摘要: 大规模淤地坝建设是一项非常浩大和复杂的工程, 为科学合理地规划、设计和建设淤地坝, 保证其安全运行和工程效益的发挥, 避免和解决过去淤地坝建设中存在的一些问题, 本文提出了新时期在黄土高原建设生态型、节水型和可持续发展型淤地坝的技术思想, 就坝系相对稳定、淤地坝洪水设计标准和达标淤地坝的处理标准、淤地坝随淤随用、提高竖井排洪能力、岸边溢洪道、土坝过水和水坠坝的快速施工等技术问题进行了探讨, 并提出了具体的技术措施。

关键词: 淤地坝; 坝系相对稳定; 技术思想; 规划; 设计

中图分类号: TV649

文献标识码: A

淤地坝是黄土高原地区人民群众在长期同水土流失斗争实践中创造的一种行之有效的既能拦截泥沙、保持水土, 又能淤地造田、增产粮食的水土保持工程措施, 已有几百年的发展历史。新中国成立后, 一方面, 在总结天然聚淤和在黄土流失严重的地区进行筑坝试验的基础上, 淤地坝的建设得到了快速发展, 从局部到大面积, 从小型到大中型, 从蓄水拦沙到淤地生产, 从单坝建设到坝系建设, 至20世纪90年代末, 黄河流域共有大、中、小型淤地坝10余万座, 在拦泥、滞洪、造地、增产及综合利用等方面产生了显著效益。另一方面, 在已建设的淤地坝中有相当数量的中小型淤地坝是20世纪70年代前群众性建坝高潮中建设起来的, 在规划、设计、建设和管理过程中仍存在许多问题。如在规划布局方面, 部分坝系缺乏全局观念, 没有统一规划, 同时缺乏坝系规划设计的理论基础。在设计标准方面, 部分中小型淤地坝设计标准低, 库容小, 未留溢洪道或溢洪道过水断面小, 致使洪水漫顶垮坝。在建坝施工方面, 有的夯压不实, 坝体干容重低, 特别是不按技术规范操作, 标准低, 施工质量差。在坝系管理方面, 淤地坝虽是山区农民的保命田、金饭碗, 然而重新修、轻管护的思想仍然根深蒂固, 同时缺乏维修管理制度和管理养护办法, 大多数坝只修不管, 或者管护流于形式, 使得淤地坝在改善当地群众生活水平的作用并未得到有效的发挥。

为配合国家西部大开发战略的实施, 大力推进西部地区水土保持与生态环境建设, 汪恕诚部长在2003年全国水利厅局长会议上将淤地坝列为水利三大亮点工程之一, 指出: 大力推广淤地坝建设, 将退耕还林、水土流失治理、生态建设结合起来, 以解决老百姓的长远生计, 实现可持续发展为目标。黄土高原在未来的20年内将要建设16.3万座淤地坝, 是一项非常浩大和复杂的工程。因此, 如何科学合理地规划、设计和建设淤地坝, 保证其安全运行和工程效益的发挥, 避免和解决过去淤地坝建设中存在的诸如部分坝系工程布局不合理、部分淤地坝设计标准偏低和设施不配套、重建轻管和综合效益偏低等问题, 本文将对新时期黄土高原淤地坝规划设计中的若干技术问题探讨。

1 新时期淤地坝建设的技术思想

黄土高原是世界上水土流失最严重的地区, 水土流失总面积45.4万 km^2 , 多年平均输入黄河泥沙约16亿t。严重的水土流失威胁着黄河下游的防洪安全, 造成生态环境恶化, 制约经济社会的可持续

收稿日期: 2003-05-10

作者简介: 高季章(1944-), 男, 四川酉阳人, 教授级高级工程师, 主要研究方向: 水力学及河流动力学、水利水电工程。

发展。同时,黄河流域地处干旱半干旱地区,随着工农业生产的发展,黄河水资源供需矛盾日益突出,缺水日益严重。如何从各个环节挖掘节水潜力,建立节水型社会已是一项十分紧迫的任务。因此,新时期大规模建设淤地坝,必须坚持生态效益、经济效益和社会效益相统一的原则,以流域为系统,充分体现全局观点,兼顾当地和下游地区利益,科学有效地发挥拦沙、保水和淤地等综合功能,以促进当地农业增产、农民增收、农村经济发展,巩固退耕还林成果,改善生态环境,有效减少入黄泥沙,为确保黄河安澜和全面建设小康社会做出贡献。为此,本文提出了新时期在黄土高原建设生态型、节水型和可持续发展型淤地坝的技术思想。

1.1 生态型 生态良好 淤地坝建设既应着眼于减少水土流失和拦沙造地形成稳产高产田,又要与黄土高原生态建设密切结合,促进坡地退耕还林还草。根据当地气候、地形、土壤和水资源等条件,因地制宜地进行林草建设。充分发挥生态自我修复能力,使生态形态达到同类气候地形土壤条件下的良好水平。在坝地的利用方面,合理使用化肥和农药,尽可能多使用天然肥料和生物治虫,化肥、农药的土壤残留和随水排除的部分应达到国家标准。对生态系统恢复过程中出现的一些不利变化,如一些地方出现野兔大量繁殖造成树苗大量损坏等问题,应在科学论证的基础上采取适当的人工干预措施。在淤地坝建设过程中严格遵守水土保持等相关的规范标准。

1.2 节水型 节约和高效利用水资源 针对黄土高原的实际情况和全流域水土资源合理高效利用的需求,淤地坝建设必须考虑完备的排水设施,做到拦沙排水,除有解决人畜饮水任务的淤地坝外,每年汛后必须排尽积水,减少无效蒸发。新淤成的坝地,必须形成有效的排水系统,防止盐碱化和沼泽化。在坝地上进行农牧业生产,尽可能采用旱作方式,若进行灌溉,应大力推广节水灌溉措施。以坝系控制的流域为单元计算,当地水资源利用系数应控制在合适的范围内。

1.3 可持续发展型 管理良好、滚动发展、农民增收 编制经过科学论证、布局完善合理的淤地坝建设规划,促进退耕还林还草规划和当地经济社会发展规划的有效实施。淤地坝应是设计科学合理、成本有效控制、施工质量好、速度快。淤地坝的坝地使用效益较高,为一般坡地的6~10倍。建立合理的资金筹集和投入机制,国家、地方、农户的投入比例适当。用户参与管理机制明确,淤地坝(包括配套设施)和坝地产权、使用权明晰,管理体制健全。从淤地坝的收益中有部分用于管护。完全由国家投入的骨干坝形成的坝地、其收益的一部分应用于维修和滚动建设新的淤地坝。淤地坝的完好率大于95%,坝地利用率大于95%。农户通过高效使用坝地,调整与优化种植结构和养殖结构,发展农副产品加工,收入逐年增长。解决建设区内人畜饮水问题。

2 坝系相对稳定

坝系是指以沟道小流域为单元,以拦泥、生产等为目的,大、中、小淤地坝相结合的工程体系。经过黄土高原淤地坝建设的多年实践,人们逐步认识到,要使淤地坝系充分发挥其作用和效益,坝系达到相对稳定是至关重要的,坝系相对稳定或相对平衡已成为治沟骨干工程和淤地坝系规划设计的理论依据。淤地坝的拦沙减蚀机理主要表现在:(1)抬高侵蚀基准面,减弱重力侵蚀,控制沟蚀发展;(2)拦蓄洪水泥沙,减轻下游沟道冲刷;(3)形成坝地后,使产汇流条件发生变化,削减了洪水和减少了产沙;(4)增加坝地,促进陡坡退耕还林还草,减少坡面侵蚀。而坝系相对稳定,是指以小流域为单元,当坝地面积与控制流域面积达到一定比例、沟坡相对高度和坡度达到一定数值,在一定频率洪水泥沙条件下,能够保证坝系安全和农作物的正常生长,泥沙基本不出沟,有合适的水工建筑物,能够合理利用水资源,盐碱危害小,建立良好的维修和管护体制,达到可持续发展。

随着淤地坝建设的发展,黄土高原不少小流域沟道已形成坝系,其中一些已基本达到相对稳定。20世纪60年代初,人们受天然聚淤对洪水泥沙全拦全蓄、不满不溢现象的启发,提出了淤地坝相对平衡的概念,并从80年代开始对典型流域坝系进行分析,并对坝系相对稳定的条件、标准等进行了研究,取得了较好研究成果^[1-4]。目前,淤地坝相对稳定条件多采用坝地面积与坝控制流域面积之比作为衡量指标,该指标反映了坝地对洪水泥沙的控制作用,随着坝地面积的增加,坡地面积的减少,

流域的产水产沙能力逐渐减弱, 而调节水量和拦截泥沙的能力逐步增强, 当坝地面积所占比例增加到一定程度, 就能够对洪水泥沙进行有效的控制, 用公式可以表述如下:

$$I = 0.01 \frac{A}{F} \quad (1)$$

式中: I 为坝地面积与坝控制流域面积之比; A 为坝地面积, 单位: hm^2 ; F 为坝控制流域面积, 单位: km^2 。

在一定频率的洪水条件下坝地淹水深度为允许深度 (d) 时的坝地面积与坝控制流域面积之比, 称之为相对稳定的临界值 I_c , 由 $d = W_p / A$ 可得:

$$I_c = 0.01 \frac{W_p}{dF} \quad (2)$$

式中: W_p 为频率为 P 的洪水总量, 单位: 万 m^3 ; d 为坝地允许淹水深度, 单位: m 。

因此, 当 $I > I_c$ 时坝系达到相对稳定, 当 $I < I_c$ 时坝系未达到相对稳定。目前的基本认识是基于大量典型小流域调查资料的分析, 即当坝地面积与坝控制流域面积之比达到 1.25~1.20 时, 坝系基本可以达到相对稳定。

由于影响淤地坝坝系达到相对稳定的因素很多, 包括降雨、洪水泥沙、地形地貌、地质土壤、侵蚀类型、治理程度和措施分布、坝地管理水平、作物种类、排水规模等, 问题十分复杂。当前, 在进行大区域的淤地坝坝系建设潜力分析时, 主要是按侵蚀分区 (剧烈、极强度、强度、中度、轻度) 调查典型中小流域的坝系布设状况、淤积状况、运行状况、骨干坝与中小型淤地坝的配坝比等基本情况, 分析确定各侵蚀分区中可建骨干坝控制面积占流域面积的比例; 利用典型小流域坝系规划成果, 分析确定不同侵蚀强度分区中骨干坝布坝密度、骨干坝与中小型淤地坝的配坝比例。例如, 我们在进行延安市黄土高原地区水土保持淤地坝建设总体规划时, 在延安市 13 个县区中选择了 21 条不同类型、不同侵蚀强度区的典型坝系进行调查和研究, 根据不同类型侵蚀区可建骨干坝控制面积、各单坝技术指标及骨干坝与中小型坝的配置比例, 由下式计算得出骨干坝与中小型坝的建设潜力数量。

$$N = \sum_{i=1-5} \left[\sum_{j=1-2} \left(\sum_{k=1-3} d_i a_j r_k \right) \right] \quad (3)$$

式中: N 为可建淤地坝潜力数量 (座); d_i 为布坝密度 (座 km^2), 不同的侵蚀强度级取值各异 (i 为侵蚀强度分区: 1 为轻度侵蚀区, 2 为中度侵蚀区, 3 为强度侵蚀区, 4 为极强度侵蚀区, 5 为剧烈侵蚀区); a_j 为不同侵蚀类型区面积 (j 为不同侵蚀类型区: 丘陵区为 1, 高塬区为 2); r_k 为坝系配置比例 (k 为坝系配置比例: 1 为骨干坝, 2 为中型坝, 3 为小型坝)。

近年来, 淤地坝相对稳定的研究引起了越来越多学者的重视, 但与淤地坝工程建设取得了较大发展相比, 科研工作相对滞后。已有的研究大多集中于资料分析, 缺乏系统的和理论的深入研究, 坝系相对稳定或相对平衡理论尚未建立起来。因此, 作为淤地坝系规划设计的重要指标之一, 迫切需要对相对稳定标准和定量方法、相对稳定的前提条件、达到相对稳定的年限、不同类型区坝系相对稳定临界值的确定、坝系相对稳定的适用范围等方面从理论和实践上进行试验示范研究和科学论证, 以便在确定建坝密度、最佳拦沙库容、滞洪坝高、优化规划和建坝顺序等方面提供理论依据。

3 淤地坝单坝设计中的若干技术问题

3.1 淤地坝洪水设计标准和达标淤地坝的处理标准 淤地坝、治沟骨干工程和小型水利水电工程设计标准的现行规范规定分别见表 1、表 2 和表 3。从表中可以看出, 治沟骨干工程等级划分及设计标准与小型水利水电工程设计标准一致。与治沟骨干工程相比, 淤地坝的设计标准并不低。从标准上看, 除总库容 50~100 万 m^3 的淤地坝设计标准高于同样总库容治沟骨干工程需进一步研究外, 基本

上是合理的。

表 1 淤地坝类型划分及设计标准

总库容 万 m ³	1~ 10	10~ 50	50~ 100	100~ 500
淤地坝类型	小型	中型	大 (二) 型	大 (一) 型
洪水重现期 年	设计	10~ 20	20~ 30	30~ 50
	校核	30	50	100~ 300
设计淤积年限 年	5	5~ 10	10~ 20	20~ 30

表 2 治沟骨干工程等级划分及设计标准

总库容 万 m ³	50~ 100	100~ 500
工程等级	五	四
洪水重现期 年	设计	20~ 30
	校核	200~ 300
设计淤积年限 年	10~ 20	20~ 30

表 3 小型水利水电工程设计标准

总库容 万 m ³	10~ 100	100~ 1000	1000~ 10000
工程等级	五	四	三
洪水重现期 年	设计	20~ 30	30~ 50
	校核	200~ 300	300~ 1000

但根据有关调查资料,目前已建成的淤地坝和治沟骨干工程中,有相当数量达不到规范要求的标准。分析原因主要有:(1)规范标准颁布实施前修建的部分工程在设计施工时就没有达到现在规范要求的标准;(2)即使在设计施工时达到了规范的要求,由于淤地坝和治沟骨干工程是以拦沙为主,经过几年或十几年的淤积达到设计淤积高程后,还会继续淤高,原设计的滞洪库容减少,也就达不到规范的要求。有相当多淤地坝的坝地已与坝顶淤平,溢洪道的规模又很小或者没有溢洪道,其防洪标准很低。

如何分析和解决这一问题,面临两方面的约束。一方面如果对全部已建成使用的淤地坝和治沟骨干工程按设计标准复核并要求完全达标的話,投资大难以实现;另一方面如果对全部已建成使用、防洪不达标的淤地坝和治沟骨干工程不予处理的话,将面临很大的垮坝或局部破坏的风险。因此,根据淤地坝的工作特性、综合考虑投资与风险、基本符合现行规范,建议按下述原则处理:(1)复核时对总库容的理解,不采用设计时淤沙库容加滞洪库容,而采用实际剩余库容;(2)对于实际剩余库容小于 50 万 m³ 的治沟骨干工程降级按一般淤地坝对待;(3)一般淤地坝的防洪校核标准不得低于 20 年一遇洪水。

例如,某治沟骨干工程(简称骨干坝),设计淤沙库容 50 万 m³,按 20 年一遇洪水设计,200 年一遇洪水校核。只设竖井排水洞而不设溢洪道,由于竖井的泄量很小(目前通常只有 2~ 3m³/s),这就需要较大的滞洪库容。200 年一遇校核洪水按水文资料推算需滞洪库容 45 万 m³。总库容按设计淤沙库容 50 万 m³ 加滞洪库容 45 万 m³ 为 95 万 m³。按此要求设计坝高,满足规范要求。

从该骨干坝建成到设计淤沙库容 50 万 m³ 淤满以前,因为实际的滞洪库容大于校核洪水所需的 45 万 m³,工程的实际校核洪水标准大于 200 年一遇洪水;该骨干坝淤积到设计淤地高程时,工程的实际校核标准等于 200 年一遇洪水;该骨干坝在设计淤地高程以上继续淤积,工程的实际校核标准逐年降低,直到坝地与坝顶齐平,防洪能力完全丧失。

按上述建议进行复核,当该骨干坝淤积到设计淤地高程时,工程的实际库容为 45 万 m³,按一般淤地坝考虑,校核标准为 50 年一遇洪水,在一段时间内仍满足规范要求,可不立即进行处理。当其防洪标准低于 30 年一遇洪水时应进行处理,低于 20 年一遇洪水时必须进行处理。处理方式可因地制宜,或增设溢洪道,或加高坝体,或改建竖井进水口增加泄洪能力,或对坝面进行过水保护,或同时采用多项措施。

3 2 淤地坝是淤满再用还是随淤随用 淤地坝是以拦沙和淤地为主要目的的工程。淤地过程少则几年多则十几年。目前绝大多数淤地坝都是淤满再用,前期作为小水库。如果有解决人畜饮水问题的地方,这样做是有益的。但由于淤积很快,作为水源并不稳定。对于大多数没有供水任务的淤地坝,前期作为小水库无效蒸发很大,特别是黄河流域水资源已非常紧缺,需要避免水资源的任何浪费。

淤地坝随淤随用可以增加土地的使用效益。以上面提到的淤地坝为例, 计划淤地 10 年, 淤地 5 52hm²。如果随淤随用, 前 9 年累计利用淤地约 25hm², 平均每年可用地 2 8hm², 经济效益是可观的。

过去不采用随淤随用的原因有两个: 一是竖井排水洞的底部高程较高, 前几年不能排干积水; 二是由于竖井排水洞的泄量小, 一般按 3d 排完一次设计洪水的洪量, 农作物受淹 3d 会影响收成。但解决这两个问题并不难, 第一个问题可用在坝底埋一直径 20cm 左右的排水管, 随淤随加高, 直到竖井排水洞的底部高程即可。农用的波纹管成本较低, 可推广使用。坝底排水管的作用主要是排除汛后的积水, 只要入冬封冻前排完即可, 所以直径不需要太大。第二个问题可在坝地淤积到竖井排水洞的底部高程之前改种青饲料用于牛羊舍养, 同时加大竖井的排洪能力, 对于上面提到的淤地坝, 如果竖井的排洪能力提高到 8 m³ s, 排完一次设计洪水洪量的时间不到 1 d, 这样种农作物就没有问题。

3 3 提高竖井排洪能力的简单方法 由于淤地坝主要由农民投工投劳兴建, 施工应尽可能简单。但有些设计只要稍加改进, 就可收到既简单又实用的效果。目前竖井排水洞的竖井部分一般为方形, 水平部分为城门洞形。以下可以采取两条措施提高竖井的泄洪能力。

(1) 将竖井的断面形状由方形改为圆形。砌石的方形竖井断面见图 1, 过水断面 120cm × 120cm, 壁厚 50cm, 每延米用石料 3 4m³。如果改成圆形, 由于受力条件好, 壁厚改为 30cm, 用同样的石料可砌成内半径 1 5m、外半径 1 8m 的圆, 而过水断面圆形是方形的 4 9 倍, 见图 2。当然考虑到水平洞工程量, 竖井直径不需要那么大。如果内半径 1 0m, 过水断面仍达到方形的 2 18 倍, 泄洪能力相应增加, 每延米用石料 1 89m³, 比方形减少 44%。

(2) 由竖井顶部不过水改为顶部过水。目前竖井排水洞的顶高程与淤地坝的顶高相同, 也就是说, 只从侧面的方孔进水, 不从顶部进水。而尾矿坝的竖井排水洞顶部是过水的, 有成熟的经验可以借鉴。最简单的办法就是把竖井排水洞的顶高降低 2m 左右, 并将顶部适当圆化即可。进一步的改进还可以设分流掺气墩, 提高泄流能力和安全性。为提高施工效率, 可在淤地坝建设任务多的县设混凝土预制件厂, 提供定型产品。

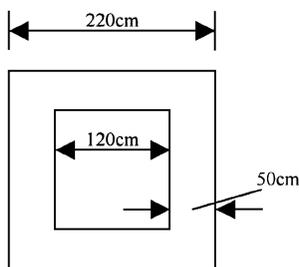


图 1 方形断面示意

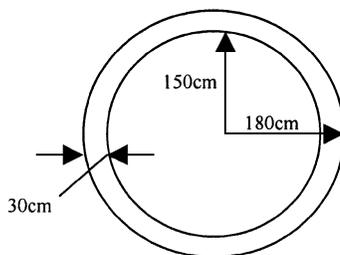


图 2 圆形断面示意

通过上述两项措施, 可以把竖井排水洞的泄流能力由目前的 2 5 m³ s 提高到 10 m³ s 左右。这样既可提高坝地的排水效率, 又可减小溢洪道的规模。

竖井溢洪道的泄流能力为:

$$Q = m \cdot 2 R \sqrt{2gH}^{1.5} \quad (4)$$

竖井溢洪道的流量系数为:

$$m = (0.507 - 0.136H/R) (H/R - 1) \quad (5)$$

式中: R 为竖井的外半径; H 为堰顶水头。

对 3 种内径的竖井溢洪道的泄流能力和有关参数的计算结果如表 4 所示。

3 4 岸边溢洪道和土坝过水 对于骨干淤地坝, 为保证安全和长久使用, 设溢洪道是必要的。对于有合适地形, 特别是有岩基可利用时, 建设常规的溢洪道是适当的。如果没有上述条件, 建设常规的溢洪道的工程量就会很大, 造价会很高, 而采用土坝过水技术则更为有利。

淤地坝大部分建在黄土高原, 属半干旱地区, 年降雨量 200~ 600mm, 暴雨历时较短, 但短时间

内强度可能比较大。因此泄流前沿比较宽、单宽流量比较小的坝面溢流比较适宜。另外，200年一遇洪水的标准是校核洪水标准，应该允许有局部的破坏。

表4 竖井溢洪道的泄流能力和有关参数

内半径 r m	外半径 R m	水头 H m	泄量 Q (m^3/s)	平均流速 V (m/s)	小时泄量 Q_h m^3	日泄量 Q_d m^3
0.50	0.80	0.80	5.91	7.53	21276	510624
0.75	1.05	1.05	11.66	6.60	41976	1007424
1.00	1.30	1.30	19.89	6.33	71604	1718496

由于淤地坝建成后的最初一、两年，滞洪库容比较大，尚不需要溢洪道，因此可在坝体沉陷完成后再对坝面溢流部分进行施工。过水土坝的保护方式很多，但对于淤地坝需要采用廉价的方式，重点是考虑过水坝面的不透水性、整体性以及接头处的处理。可以研究模袋固化土应用的可能性。模袋的整体性强，而固化土可就地取材，成本低，施工方便。与防渗土工膜配合使用，有可能成为淤地坝坝面溢流保护的较好形式。

3.5 水坠坝的快速施工 水坠法筑淤地坝，以其工效高、投资少、成本低、施工简单、施工场地要求低、便于群众掌握和应用等诸多优点，在我国淤地坝建设中被广泛采用。但是，水坠法筑坝也存在一个明显的弱点，即在较高的冲填速度下，坝体不能迅速脱水固结，很容易造成滑坡、鼓肚等工程事故，如果降低冲填速度，势必会影响施工进度，增加工程投资，更重要的是对于稍高一些的骨干淤地坝工程，当度汛坝高较高时，很难保证坝体安全度汛。如在黄土高原地区，对于中、重粉质壤土，当无较好的排水措施时，坝体上升速度一般均不超过 $0.2m/d$ 。因此，对于骨干淤地坝工程，为加快施工进度，必须在坝体中设置排水设施。根据水坠法筑坝材料的特点，坝体排水可分为2类。其一是表面排水，适用于透水性较大的砂壤土和含粘量较少的粉质壤土，多采用埋管自流排水、虹吸排水、机械排水等方法；其二是深层排水，主要用于透水性较差的中、重粉质壤土，深层排水多采用砂井、砂沟、盲沟等形式，这种形式往往需要较多的砂砾料，对于缺乏砂砾料的地区，采用这些形式有一定的困难。近年来，随着新技术、新材料的出现，在一些试验坝中，已开始尝试采用土工布、波纹排水管等排水材料。对于某一具体工程来说，采用何种形式、何种排水材料，必须因地制宜。

中国水利水电科学研究院资助兴建的延安宋家沟淤地坝，属治沟骨干工程，坝高 $26.5m$ ，最大库容 $81万m^3$ ，设计拦沙 $56万m^3$ ，淤积年限15年，可淤地 $7hm^2$ 。当地一般自6月下旬进入汛期，主汛期期为8月份，9月中旬汛期结束。适宜淤地坝施工的时间一般为4~6月或9~11月。11月下旬以后进入冬季，施工难度较大。宋家沟淤地坝若于4月中旬正式开工，汛前必须施工至度汛坝高，工期紧迫，另外筑坝土料中还有一部分重粉质壤土。为此，必须考虑坝体深层排水措施，以提高坝体冲填速度。经过深入、细致的调研，对坝体排水设施的材料、布置形式进行了优化设计。宋家沟周边地区，虽有杏子河流过，但河中砂砾石含泥量很高，不适宜于作砂井、砂沟材料，因此，当地修筑淤地坝时一般都不设坝体深层排水设施。本次设计时，发现附近正在修建高速公路，有大量废弃石渣，粒径 $5\sim 10mm$ ，属新鲜石灰岩，干净无泥，且价格便宜，可用作砂井充填材料，同时右岸坝肩清基的部分碎石渣也可以加以利用。因当地无合适的用作反滤的砂砾料，故决定采用土工布作为反滤料。选用的土工布为就近的西安所产 $300g$ 无纺布，规格为：幅宽 $5m$ ，厚度 $2.4mm$ ，断裂强力 $9.5kN/m$ ，CBR顶破强力 $1.5kN$ ，撕破强力 $0.24kN$ ，垂直渗透系数为 $(10^{-1}\sim 10^{-3})cm/s$ ，等效孔径 O_{90} (O_{95}) 为 $0.07\sim 0.20mm$ 。为加强坝内冲填体的脱水固结，同时通过试验比较不同排水材料的排水效果，冲填体中上部设置了与竖向排水砂井相连的水平波纹排水管。此外，将下游坝脚的棱体排水，改为褥垫式排水，一方面有利下部冲填体的脱水固结，另一方面也为后期坝体断面过水创造条件。

坝体内部排水的布置形式如图3所示。波纹排水管为 75 多孔聚乙烯管，外裹土工布以防淤堵，排水垂直有效距离按 $5m$ 计。沿坝轴线方向布置两排砂井共 6 根，既可排除砂井周围冲填体内的水份，又兼作波纹排水管向坝外的排水通道。砂井直径为 $50cm$ ，用 $5\sim 10mm$ 石渣充填，外裹无纺布作为反滤材料。坝下排水褥垫厚 $50cm$ ，与冲填体之间用土工布作反滤，从下游坝脚延伸至下游砂井外 $1m$ 。排水褥垫上游设两条盲（砂）沟与中、上游砂井相连，盲（砂）沟宽 $1m$ ，其余做法与排水褥垫

相同。

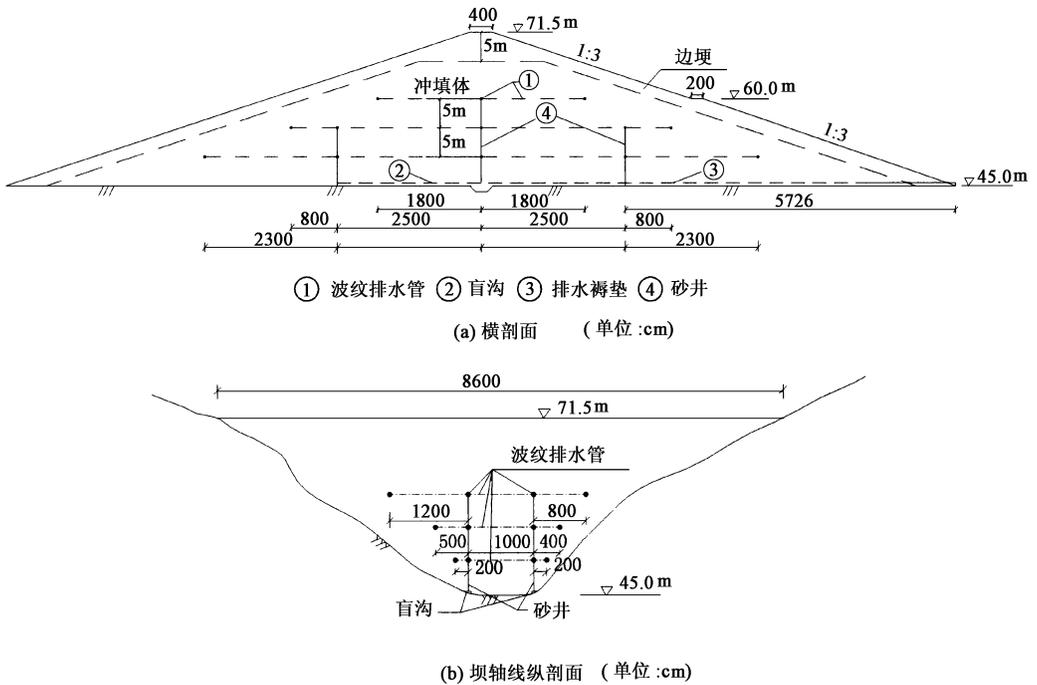


图3 淤地坝排水布置示意

4 结语和建议

长期的水土保持实践经验表明,淤地坝是黄土高原水土流失治理的关键措施,大规模开展淤地坝建设,充分发挥拦沙、保水和淤地等综合功能,对促进当地农业增产、农民增收、农村经济发展,巩固退耕还林成果,改善生态环境,有效减少入黄泥沙都有重大的现实意义。新时期淤地坝建设作为西部大开发生态环境建设和黄河流域综合治理的重要组成部分,涉及面广和影响因素复杂,是一项长期、艰巨、技术复合型的系统工程。新时期的淤地坝建设应站在更高的层次考虑建设内容和组织项目建设,贯彻全新的水保生态建设理念,因此,本文提出了在黄土高原建设生态型、节水型和可持续发展型淤地坝的技术思想。为科学合理地规划、设计和建设淤地坝,保证其安全运行和工程效益的发挥,避免和解决过去淤地坝建设中存在的诸如部分坝系工程布局不合理、部分淤地坝设计标准偏低和设施不配套、重建轻管和综合效益偏低等问题,对淤地坝规划设计中的若干技术问题进行了探讨,并提出了具体的技术措施。建议突出科技支撑的作用,以科技进步推动淤地坝体系科学和高效建设,针对淤地坝规划、设计、建设和管理中存在的亟待解决的问题,加强基础和应用研究和技术示范推广。

参 考 文 献:

- [1] 柏跃勤,常茂德.黄土高原地区小流域坝系相对稳定研究进展与建议[J].中国水土保持,2002,(10):12-13.
- [2] 陈彰岑,于德广,雷元静,等.黄河中游多沙粗沙区快速治理模式的实践与理论[M].郑州:黄河水利出版社,1998:72-100.
- [3] 方学敏,曾茂林.黄河中游淤地坝坝系相对稳定研究[J].泥沙研究,1996,(3):12-20.
- [4] 曾茂林,朱小勇,康玲玲,等.水土流失区淤地坝的拦沙减蚀作用及发展前景[J].水土保持研究,1999,6(2):126-133.

Research on some technical issues in the plan and design of check dams

GAO Ji-zhang¹, CAO Wen-hong², WANG Xiao-gang³

(1 China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China;

2 China Institute of Water Resources and Hydropower Research Department of Sedimentation, Beijing 100044, China;

3 China Institute of Water Resources and Hydropower Research Department of Geotechnical Engineering, Beijing 100044, China)

Abstract: In this paper, the authors put forward a technical idea about applying check-dams of eco-type, water saving type and for sustainable development in the Loess Plateau in the modern time. In order to plan, design and construct check-dams scientifically and reasonably, aiming at ensuring safe operation and benefits exploitation of projects and solving some problems happened in the past check-dams construction, investigations were made on the following technical issues: relative stability of check-dam system, flood protection standards, treatment of existing check-dams below design standard, silted land utilization in the process of siltation, increasing flood passage capacity of vertical shafts, side spillway and earth dam overtopping problems, fast construction of sluicing-siltation earth dam etc. Proposals were also made on some detailed technical measures.

Key words: check-dam; relative stability of dam system; technical idea; plan; design

(责任编辑: 王宝琴)

中国水利水电科学研究院学报 2004 年征订启事

中国水利水电科学研究院学报 为水利部主管、中国水利水电科学研究院主办的综合性学术刊物。2003 年 6 月创刊, 主要刊登我院科研人员在水利水电宏观决策研究、应用基础研究及工程应用方面的科技论文、专题综述和工程技术总结等, 开展学术讨论, 介绍国内外科技动态。

办刊方针和任务: 介绍我院科研成果、动向, 增进学术交流, 加速成果转化。读者对象为国内外从事水利水电工程科研、规划、设计、建设、咨询、管理等工作的专业技术人员及高等院校相关专业的师生。

主要栏目: 学术论文、科研动态、工程报道、科技产品等。本刊还设有国际交流、人物简介、新书介绍、学术讨论及博士硕士园等专栏。本刊承接水利水电及相关行业的广告信息发布。

专业范围: 水文、水资源、防洪减灾、水利信息及遥感技术、水环境保护、农田水利与节水、牧区水利、泥沙与水土保持、水力学、水工结构及材料、工程基础、岩土工程、工程抗震、水力机电、电站自动化、冷却水工程、河口海岸工程、施工与监理、水利经济、水利史研究等。

中国水利水电科学研究院学报 为季刊, 每季末出版, 大 16 开。自办发行, 每册定价 10 元, 全年订价 40 元。

开户银行: 工商银行北京百万庄支行, 帐号: 0200001409014424656, 户名: 中国水利水电科学研究院 (汇款时请注明书款及中国水利水电科学研究院学报)。

地 址: 北京市车公庄西路 20 号 中国水利水电科学研究院学报 编辑部

邮 编: 100044

电 话: 010-68415522-6919, 6262 传真: 010-68711905

电子信箱: journal@iwhr.com

中国水利水电科学研究院学报 编辑部