

水坠坝设计

SHUIZHUIBA SHEJI YU SHIGONG 与施工

主编 郑新民 王英顺

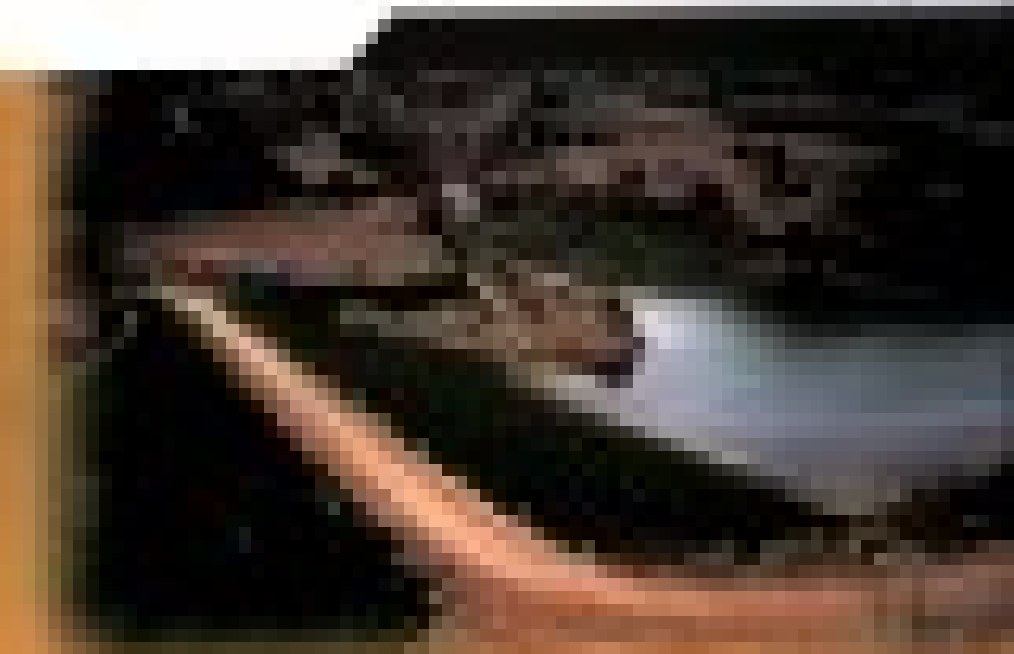


黄河水利出版社

水坠坝设计

与施工

主编 张维忠 王德明



中国水利水电出版社

水坠坝设计与施工

主 编 郑新民 王英顺
副主编 贾泽祥 王逸冰

黄河水利出版社

内 容 提 要

水坠筑坝是我国劳动人民在长期生产实践中创造的一种筑坝技术,其工效高、速度快、质量好。本书根据《水坠坝技术规范》(SL302—2004),在总结分析 30 多年来水坠筑坝试验研究成果和工程实践经验基础上,系统论述了水坠坝的发展过程和形成机理,工程规划、设计、施工技术,质量控制、监测及其管理与养护。可供水利、水土保持工程技术人员参阅使用,也可作大专院校相关专业师生参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水坠坝设计与施工/郑新民,王英顺主编. —郑州:黄河水利出版社,2006. 12
ISBN 7-80734-165-3

I. 水… II. ①郑…②王… III. ①水坠坝—设计②水坠坝—工程施工 IV. TV641.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 154616 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022620

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:19

字数:339 千字

印数:1—2 000

版次:2006 年 12 月第 1 版

印次:2006 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80734-165-3/TV·488

定价:45.00 元

《水坠坝设计与施工》编写人员

主 编 郑新民 王英顺

副 主 编 贾泽祥 王逸冰

编写人员 郑新民 王英顺 贾泽祥 王逸冰

 赵永军 王向晖 朱莉莉 段菊卿

 田安民 刘煊娥 王鸿斌

前 言

《水坠坝技术规范》(SL302—2004)(以下简称《规范》)是由《水坠坝设计及施工暂行规定》(SD122—84)修订编写而成的。为满足水坠坝技术发展的需要,在认真总结近 30 年水坠坝技术发展和成果经验的基础上,《规范》增加了土工织物和聚乙烯微孔波纹管在水坠坝中的应用、沙土水坠坝的有关技术要求、在干旱缺水地区拦蓄洪水修筑水坠坝等方面的内容;压缩了与《碾压式土石坝设计规范》(SL274—2001)、《碾压式土石坝施工规范》(DL/T5129—2001)以及《水土保持沟骨干工程技术规范》(SL289—2003)重复的内容;调整了观测设备部分的内容;增加了强制性条文,强化了《规范》的强制性作用。《规范》的颁布实施,是水利部贯彻落实国务院《建设工程质量管理条例》的一项重要措施,对进一步规范水坠坝工程的设计与施工,全面加强水坠坝工程的质量管理,推动水坠坝技术的不断完善和发展具有十分重要的意义。

水坠法筑坝是我国劳动人民在长期的生产劳动实践中逐步创造并不断完善的一种筑坝技术。早在古代,黄河流域劳动人民就已经采用类似水坠法筑坝的施工方法,开展引水拉沙造田,将荒滩荒沟改造为高产稳产的基本农田。近代以来,人们在引水拉沙造田、引水拉土修渠、筑坝的基础上,通过科学试验研究,逐步发展为引水冲土修筑土坝的技术。

新中国成立以来,水坠筑坝技术得到长足的发展。20 世纪 50~80 年代,水坠法筑坝技术的试验研究工作由陕西、山西两省向全国各地发展;清华大学、河海大学等高等院校的参与为水坠坝技术理论的不断完善做出了贡献。在应用区域上,水坠坝由陕西、山西两省逐步推广到内蒙古、甘肃、宁夏、青海、新疆、河南、广东、广西、云南等省(区);在工程类型上,由拦泥淤地的水土保持淤地坝扩展到蓄水运用的水库工程;在筑坝土料上,由沙土发展到轻、中、重粉质壤土及花岗岩、砂岩风化残积土、冰积风化土、砾质黏土等;在坝型上,由均质坝推广到非均质坝;由有边埂的黄土均质坝,发展到采用分选办法修筑的砂砾石坝壳黏土心墙坝,以及利用水坠泥块拍筑的泥质边埂均质坝;在筑坝规模上,由小型逐步发展到中型,由最初数米高的低坝向六七十米的高坝发展;在筑坝的方法上,有单纯的水坠坝,有水坠与碾压结合坝,也有定向爆破与水坠法筑坝相结合的施工方

法。

20 世纪 80 年代以后,随着《水坠坝设计及施工暂行规定》(SD122—84)的颁发,以及黄河中游水土保持治沟骨干工程的开展,水坠坝施工技术得到广泛应用。据统计,1986~2003 年,在黄土高原陕、晋、蒙、甘、宁、青、豫等 7 省(区),共兴修治沟骨干工程 1 852 座,其中水坠坝 262 座,占总工程数量的 26.2%。这一时期,虽然水坠坝的建设速度比 70 年代相对减缓,但筑坝技术更加成熟,工程质量与效益进一步提高。

黄土高原地区是水坠坝的发源地,同时也是推广应用的重点地区。当前,淤地坝建设作为黄土高原地区改善生态环境、全面建设小康社会、解决黄河洪水与泥沙问题、实现黄河长治久安的重要工程措施之一,建设力度与速度明显加快,也为水坠坝技术的应用开拓了广泛的空间。

《规范》是水坠坝设计与施工的重要技术依据,是建设管理单位与规划、设计、施工、监理单位,以及相关技术人员从事水坠坝的技术工作中必须认真遵守的技术标准,也是各级水行政主管部门对水坠坝工程建设实施监督的重要依据。贯彻执行《规范》的关键是相关技术和管理人员能够正确理解和准确把握《规范》的相关内容。为了更好地开展《规范》的宣传贯彻和技术培训工作,黄河上中游管理局应广大工程技术人员的要求,按照上级的安排,组织编写了《水坠坝设计与施工》,以期加深工程技术人员对《规范》的理解与掌握。

本书共分 11 章。第一章概述,简要介绍了水坠坝的发展过程、形成机理与特点;第二章水坠坝规划,阐述了水坠坝的坝系规划与工程规划包含的内容;第三章工程选型与填筑标准,重点叙述了水坠坝的坝型选择、土料选择与填筑标准;第四章坝体断面设计,主要介绍了水坠坝的坝高、坝顶、坝坡、边埂、中心防渗体及坝面排水的设计;第五章坝基处理、坝体与坝基及建筑物的连接,简要介绍了水坠坝的坝基处理、坝体与坝基、坝体与混凝土等刚性建筑物的连接;第六章坝坡稳定和固结计算,重点介绍了水坠坝稳定计算的主要参数、固结规律和稳定计算方法;第七章施工组织设计,介绍了水坠坝的施工导流、场地布设、机具选择与安装和施工总进度的编制;第八章工程施工,分别介绍了均质坝、非均质坝和定向爆破—水坠筑坝的应用条件、设计与施工;第九章工程质量控制与施工安全,介绍了水坠坝质量控制方法与要求,以及施工安全要点;第十章水坠坝监测,介绍了水坠坝监测的项目、站点布设与监测方法;第十一章水坠坝的管理与养护,介绍了水坠坝的运行管理、养护维修与常见问题的处理方法。书中列举了一

些工程计算实例,可供工程设计、施工人员参考。

水坠坝的设计与施工还有不少问题有待进一步研究。由于作者水平有限,错漏之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编 者

2006 年 10 月

目 录

前言

第一章 概述	(1)
第一节 水坠坝及其发展过程.....	(1)
第二节 水坠坝形成机理	(13)
第三节 水坠坝特点	(14)
第二章 水坠坝规划	(19)
第一节 坝系规划	(19)
第二节 工程规划	(34)
第三章 工程选型与填筑标准	(42)
第一节 坝型选择	(42)
第二节 筑坝土料的选择	(49)
第三节 筑坝土料的填筑标准	(61)
第四章 坝体断面设计	(71)
第一节 坝高与坝顶	(72)
第二节 坝坡	(77)
第三节 边埂	(84)
第四节 中心防渗体	(91)
第五节 坝体排水设施	(92)
第六节 坝面排水.....	(101)
第五章 坝基处理、坝体与坝基及建筑物的连接	(103)
第一节 坝基处理.....	(103)
第二节 坝体与岸坡的连接.....	(109)
第三节 坝体与混凝土建筑物的连接.....	(111)
第六章 坝坡稳定和固结计算	(113)
第一节 计算指标及经验参数	(113)
第二节 固结计算	(121)
第三节 坝坡稳定计算	(146)

第四节 有关水坠坝稳定问题的讨论·····	(171)
第七章 施工组织设计 ·····	(175)
第一节 概述·····	(175)
第二节 施工导流与度汛·····	(178)
第三节 施工场地布设·····	(181)
第四节 冲填机具的选择与安装·····	(187)
第五节 施工总进度·····	(193)
第八章 工程施工 ·····	(197)
第一节 施工筹建与准备·····	(197)
第二节 基础处理·····	(199)
第三节 均质坝施工·····	(203)
第四节 非均质坝施工·····	(218)
第五节 定向爆破—水坠筑坝·····	(223)
第九章 工程质量控制与施工安全 ·····	(236)
第一节 工程质量检查与控制·····	(236)
第二节 施工安全·····	(240)
第十章 水坠坝监测 ·····	(243)
第一节 监测目的和任务·····	(243)
第二节 监测项目及监测设备·····	(244)
第三节 监测点的布置·····	(246)
第四节 水坠坝的施工现场监测·····	(249)
第五节 室内强度与固结试验·····	(274)
第十一章 水坠坝的管理与养护 ·····	(282)
第一节 运行管理·····	(282)
第二节 养护与处理·····	(287)
参考文献与资料 ·····	(291)

第一章 概 述

第一节 水坠坝及其发展过程

一、水坠坝及其相关术语

(一)水坠坝

水坠坝又称为水力冲填坝,亦叫“泥浆坝”、“拉沙坝”和“流泥坝”。它是利用水力和重力将高位土场土料冲拌成一定浓度的泥浆,引流到坝面,经脱水固结形成的土坝,故又称泥浆自流式水力冲填坝(见图 1-1)。“水坠坝”这个词是陕北群众的习惯叫法,含有从高位土场用水带土下坠(流)之意。1984 年,水利电力部颁发了《水坠坝设计及施工暂行规定》(SD122—84),逐步使其名称统一下来,2004 年水利部颁发的《水坠坝技术规范》(SL302—2004),沿用了“水坠坝”这一名称。

1. 水坠均质坝

水坠均质坝简称均质坝。坝体由泥浆非分选冲填而成,冲填土料的颗粒在全断面内分布较为均匀,无明显分离现象。这种类型的水坠坝适用于筑坝的各类土料。

2. 水坠非均质坝

水坠非均质坝简称非均质坝。坝体由泥浆分选冲填而成,冲填土料的颗粒在水的冲力和自重作用下,由粗到细逐步沉积,形成坝壳区、过渡区和中心防渗区。这种坝型适用于花岗岩、砂岩风化残积土。

淤地坝是在水土流失严重地区支、毛沟内修建的以滞洪拦泥、淤地造田为主要目的的水土保持工程,按库容大小可分为大型(含水土保持治沟骨干工程)、中型和小型淤地坝。20 世纪 70 年代以来,水坠坝技术在淤地坝的建设中得到广泛应用。据统计,1986~2003 年,黄河上中游地区兴建的水土保持治沟骨干工程中约有 1/4 为水坠坝。

图 1-1 为陕北水坠筑坝施工现场的图片。



(a) 冲填坝面及库区



(b) 冲填土场及造泥沟

图 1-1 施工中的陕西省横山县赵石畔小流域寺好崩水坠坝

(二) 水坠坝相关术语

1. 冲填泥浆

用以冲填坝体的泥浆。

2. 起始含水率

对均质坝是指冲填泥浆进坝时(即输泥渠末端处)的泥浆含水率,它反映了泥浆的浓度;对非均质坝是指冲填泥浆经稀释分选后坝面冲填层的含水率,它不反映冲填泥浆进坝时的泥浆浓度。

3. 干容重

单位体积内土粒的质量(或重量)。

4. 起始干容重

相应于起始含水率的干容重。

5. 稳定含水率

冲填坝体在土层自重压力作用下基本固结时的含水率。

6. 稳定干容重

相应于稳定含水率的干容重。

7. 流态区

冲填坝体内含水率大于液限的区域。

8. 冲填速度

单位时间内坝体泥面上升的高度。

9. 冲填强度

单位时间内坝体冲填土方的数量,一般指日冲填土方量。

10. 边埂

在水坠坝上、下游坝坡处填筑的挡泥围埂。

11. 泥拍边埂

沙土坝用冲填泥浆形成的泥块拍筑的挡泥围埂。

12. 导流埂

非均质坝坝壳区和过渡区内修筑的、用以引导泥浆流向、防止粗颗粒进入中心防渗区的临时性土埂。

13. 分选冲填

非均质坝的冲填方法。即用低压水枪射出的水流对进入坝面的泥浆进行稀释,在水的冲力和颗粒的重力作用下,粗颗粒留在坝壳区、中间颗粒冲到过渡区、细颗粒进入中心防渗区的一种冲填方法。

14. 造泥沟

土场内用水冲土,拌成泥浆的沟渠。造泥沟位于土场的上游。

15. 输泥渠

将泥浆输送至坝面的沟渠。输泥渠位于土场的下游。

16. 沉淀池

非均质坝中心防渗区内控制细颗粒沉淀的泥池。

17. 垂直透水墙

中心防渗区内用透水材料填筑,通常与排水竖井相连,用以排除泥浆中的水分,兼作运输便道的纵向堤。

二、水坠坝的发展过程

水坠法筑坝技术是我国劳动人民在长期的生产劳动实践中创造和逐步完善的一种筑坝技术。早在古代,在黄河流域就已经采用类似于水坠法筑坝的施工方法,开展引水拉沙造田,将荒滩荒沟改造为高产稳产的基本农田。在引水拉沙造田、引水拉土修渠的基础上,逐步发展为引水冲土修筑土坝。近代以来,国外也曾采用水力冲填方法建设土坝。

陕西省榆林市靖边县 1942 年起用引水拉沙造地,至今已造地逾千公顷(见图 1-2)。



图 1-2 陕西省榆林市靖边县杨桥畔引水拉沙造地

在沟壑中修筑土坝是黄土高原水土保持的主要工程措施之一。鉴于常规的夯填或碾压坝费工费时,不能适应水土保持迅速发展的需要,20 世纪 50 年代后期,随着水土保持工程建设的发展,尤其是水土保持淤地坝工程的广泛开展,陕西、山西两省群众在沟道治理实践中,把引水拉沙造地技术逐步发展为引水拉沙(土)建坝,先后进行了各种加快筑坝技术的探索,如水中倒土、土中灌水、定向爆破—水坠筑坝等,并在实践中不断地创造和完善了水坠筑坝的施工方法。由于水坠坝具有工效高、施工机具简单、操作技术易于掌握的特点,为这项技术的推广和发展创造了极为有利的条件。20 世纪 60~70 年代,在各级领导的重视和关怀下,水坠筑坝技术很快得到普及。这一时期,水坠法筑坝技术发展之快,推广数量之多,都是空前的。

新中国成立后,水坠坝的发展经历了以下几个阶段:

(一)水坠坝的初步试验阶段(1957~1972 年)

1957 年,黄河水利委员会水利科学研究所与绥德水土保持科学试验站合作,采用水力冲填筑坝的技术,在陕西省绥德县韭园沟内,用水力冲填黄土,修筑了一座 4m 高的试验土坝。1961 年,黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站用水力冲填黄土修复南小河沟花果山水库 20m 高的土坝(见图 1-3),并撰写了《泥流筑坝初步试验分析》一文,于 1963 年 12 月在黄河流域水土保持科学研究工作会议上交流。由于当时机具、油料等条件的限制,没有继续进行试验推广。

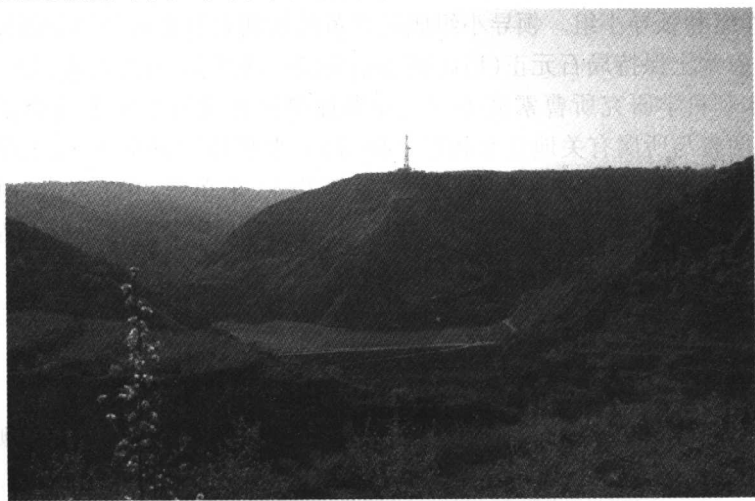


图 1-3 黄委会西峰水土保持科学试验站南小河沟花果山水库

1970 年,黄河水利委员会绥德水土保持科学试验站通过对米脂县的调查,总结了该县高渠乡群众用水枪冲黄土筑坝的经验,并在杜家石沟小流域内的崔家圪塆等 3 个村进行水力冲填筑坝试验,实测了泥浆含水率、冲填速度及坝体脱水固结情况,同时在米脂县内进行推广。1970 年冬至 1971 年 7 月,山西保德县贾家岭公社、山西省水土保持科学研究所,总结当地群众筑坝施工经验,采用水力冲填施工技术,在黄石崖沟完成坝高分别为 20m、29m、31m 的三座大中型淤地坝,并进行了施工方法、泥浆浓度、坝体干容重、施工工效、筑坝成本等试验观测。三座坝总库容 258 万 m^3 ,可淤地 66.7 hm^2 ,总投工 9.4 万个,土石方 20.5 万 m^3 ,其中土方 18.4 万 m^3 ,平均冲填工效 20.6 $\text{m}^3/\text{工日}$ 。1971 年秋,陕西省水土保持局又组织人员调查了陕北 10 个县、29 个乡的水坠坝,总结了群众的经验,进行了土壤物理性质试验分析,编写了《水坠坝》一书,这是“水坠坝”一词最早在正式出版物上的使用。书中肯定了水坠坝的优越性,系统总结了水坠坝的

设计、施工、维修养护和事故处理的经验,以及研究和推广中的问题,对水坠坝的建设起了十分重要的推动作用。

(二)水坠坝试验研究阶段(1973~1983年)

1973年4月,原水利部部长钱正英在延安参加黄河中游水土保持工作会议期间,了解有关水坠坝情况后,要求进行技术总结,解决存在问题,以利于对水坠坝的规划、设计、施工技术进行科学指导。同年7月,由黄河水利委员会、陕西省水土保持局、山西省水利厅共同主持在西安召开协作会议,成立陕晋水坠坝试验研究工作组和领导小组。领导小组成员有黄河水利委员会水利科学研究所全允杲,陕西省水土保持局石元正(后由蒋德麒接任)、周梦亮,山西省水利厅袁步森、山西省水利科学研究所曹素滨等。主要参加单位有黄河水利委员会系统和陕西、山西两省与所属有关地县水利水土保持局、水利科学研究所、水土保持科学研究所,以及清华大学等大专院校水利系等共43个单位,100多位科技人员。试验研究工作组根据黄河中游的土质特点及群众建坝中普遍出现的工程技术问题,提出针对施工中的滑坡问题作为试验研究的突破口,在陕北、晋西、关中、豫西等地区先后选定6座重点坝、4座副点坝和8座联系坝,建立了陕北、关中、晋西3个试验研究组,分别进行定点试验研究。

研究工作大致分为三个阶段:

第一阶段从1973年开始,着重研究轻粉质壤土和中粉质壤土水坠坝的施工技术与稳定分析方法,主要研究防止滑坡问题,结合调查总结群众经验,摸索出一套办法,1976年编印《水坠坝施工须知》,指导群众建坝。

第二阶段从1975年下半年开始,为适应水坠坝向水库工程发展的需要,着重研究重粉质壤土水坠坝的施工技术和边埂的稳定分析方法。通过现场观测、室内模型试验和电算分析,对水坠坝的破坏模式、受力条件进行了探讨,提出了5种边埂稳定计算方法。1978年编印了《水坠坝设计要点》,作为中小型水库水坠坝的设计依据。

第三阶段从1978年开始,为适应水坠法筑坝向更广大的地区和修筑较大水库工程发展的需要,采用比奥固结理论,按有限元法,开展了坝体应力应变分析、抗震稳定性及设计理论和计算方法的探讨,取得了初步的成果。

1979年5月在山西省太原市召开了水坠坝技术经验交流现场会,1980年编写出版了《水坠坝》一书,并起草了《水坠坝设计及施工暂行规定》(SD122—84)。陕西、山西两省水坠坝试验研究工作圆满结束。其研究成果1978年获全国科学大会科技成果奖,1981年获国家科委和国家农委科技推广奖,1985年获国家科技进步二等获。

20 世纪 60~70 年代,随着水土保持群众运动的迅速发展,水坠坝也随之普及。特别是近几年来,在各级领导的重视和关怀下,水坠法筑坝发展较快,推广数量也很多。据陕西、山西两省不完全统计,至 70 年代中后期,共建成水坠坝 8 000 余座,其中坝高在 15m 以上的 5 000 余座。当时建成的陕西省延安市吴起县长城水库,最大坝高 70m,土方 202 万 m^3 ,库容达 6 900 万 m^3 。从全国来看,内蒙古、甘肃、宁夏、青海、新疆、河南、广东、广西、云南等省(区),都建成了一批水坠坝。其中内蒙古建成大小坝 1 500 多座;广东、广西建成坝高 15m 以上的水坠坝有 100 多座。

1979 年 12 月,根据各省(区)要求,经水利部批准,在郑州成立了黄河流域水坠坝科研协调组,组长单位为黄河水利委员会、陕西省水土保持局和山西省水利厅。由黄河水利委员会水利科学研究所仝允杲、陕西省水土保持局蒋德麒、山西省水利科学研究所曹素滨等三人负责,成立领导小组,主要参加单位有黄河上中游 7 省(区)和新疆维吾尔自治区所属水利水保局、水保站。协作单位有水利部西北水土保持科学研究所、西北农学院水利系、陕西机械学院水利系、华北水利学院农水系、中国科学院工程力学研究所和内蒙古农牧学院水利系。1980~1983 年,各省(区)开展试验研究的定点试验坝 9 座、联系试验坝 2 座,分别进行了沙土与粉质壤土施工技术和稳定分析研究、抗震性能研究、重粉质壤土坝体脱水固结及施工技术研究,以及运用期坝体质量和运用情况研究。

(三)水坠坝推广应用阶段(1984 年以后)

1984 年,水利电力部颁发了《水坠坝设计及施工暂行规定》(SD122—84)。至此,水坠坝施工技术逐步趋于完善。

20 世纪 80 年代以后,随着《水坠坝设计及施工暂行规定》(SD122—84)的颁发,以及黄河中游水土保持治沟骨干工程建设的不断发展,水坠坝施工技术在黄土高原地区得到广泛推广与应用。

这一时期,虽然水坠坝的建设速度比 70 年代相对减缓,但筑坝技术、施工方法、工程效益则比以前有了较大的提高。80 年代初期,农村普遍实行了联产承包责任制,农业生产开始由计划经济逐步转向市场经济。为了加快对黄土高原水土流失的治理,国家进一步重视和加强了黄土高原地区的淤地坝建设及水土保持科学技术措施的研究。各地在认真总结前 30 多年筑坝淤地经验教训的基础上,在淤地坝的坝系规划、工程结构、设计标准和建坝顺序等方面进行大量的试验研究工作,取得许多科研成果,其中“以坝保库,以库保坝”、“小多成群有骨干”等经验、成果为广大群众所共识。

1984 年春,根据国家计委和水利电力部的要求,黄河中游治理局提出了在