

# 水土保持科学 研究与发展

全国首届水土保持青年学术讨论会论文集

中国水土保持学会青年学术研究会 编

中国林业出版社

# 水土保持科学研究与发展

全国首届水土保持青年学术讨论会论文集

中国水土保持学会青年学术研究会 编

中国林业出版社

(京)新登字 033 号

**水土保持科学研究与发展**  
**全国首届水土保持青年学术讨论会论文集**  
中国水土保持学会青年学术研究会 编

---

中国林业出版社出版发行(北京西城区刘海胡同7号)  
北京林业大学印刷厂印刷

---

787×1092 毫米 16 开本 20 印张 512 千字

1993 年 4 月第一版 1992 年 4 月第一次印刷

印数 1-1000 册 定价:19.50 元

ISBN 7-5038-1114-5/S. 0621

主 编 余新晓

副主编 罗 晶 杨百瑾 万国良

编 委 (以姓氏笔划为序)

万国良 牛崇恒 毕小刚 杨百瑾

张 忠 余新晓 罗 晶 黄 元

主 审 阎树文 朱金兆

责任编辑 闻 捷 车锡冰

水土保持青年科技人才是  
我國水保事業跨世紀的骨干  
力量

楊振懷  
一九九三年三月

水利部原部長、中國水土保持學會理事長 楊振懷題辭

在實踐中鍛煉成  
長樁年登科學技  
術高峯

一九五九年三月 劉廣運

祝贺中国水土保持学会

首届青年学术讨论会召开

综合治理保持水土  
无山不绿有水皆清

陈耀邦

一九九三年三月

## 序

在当今世界上,环境、资源、人口与发展问题已成为举世瞩目的热点问题。水土流失是全球十大重大生态环境问题之一,它对经济的持续发展和自然生态环境的保护构成了严重的威胁。日趋严重的水土流失和不断恶化的生态环境,向全人类提出了前所未有的严重挑战。

水土资源是人类赖以生存的物质基础。我国虽然地域辽阔,物产丰富,文化历史悠久,但随着社会的发展和水土资源的广泛开发利用,加之人口众多和科学技术落后,应用遥感技术测定表明,我国水土流失面积已达492.4万平方公里,占全国国土总面积的51.3%。我国已成为世界上水土流失最严重的国家之一,水土流失的严重情况已经成为民族存亡和国家安危的大事。我国属于发展中国家,经济基础薄弱,人民生活水平还不高,因此,在水土流失严重的地区,应搞好水土保持,整治国土,尽快使这些地区的人民脱贫致富,为国家现代化建设做出应有的贡献,这是我国水土保持科技事业的特点。

中国水土保持学会青年学术研究会基于水土保持青年科技工作者所面临的机遇和挑战,克服重重困难,组织编辑了《水土保持科学研究与发展》一书。该书为全国首届水土保持青年学术讨论会的论文集,其内容以当前世界水土保持科学发展趋势为背景,密切结合我国实际,从水土保持科学基本理论、水土保持综合治理措施体系以及新技术和新方法在水土保持科学中的应用三个方面突出反映了我国水土保持青年科技工作者的学术水平。本书的出版对于促进我国水土保持青年科技工作者的成长和成才具有重要的作用。

科技增强国力,青年开创未来。科学技术是第一生产力。青年一代是跨世纪的一代,我国水土保持科技事业的重担将责无旁贷地落在青年科技工作者肩上,希望青年科技工作者锐意改革,奋力拚搏,为我国的经济腾飞和水土保持科技繁荣作出无愧于历史和时代的贡献。

中国水土保持学会副理事长兼秘书长

阎树文 教授

1993年3月12日



## 前 言

正当改革大潮奔涌九洲,现代化的曙光绽露于华夏大地之时,在徐徐的春风中,在融融的春晖下,我国水土保持科技界又迎来一大盛事——中国水土保持学会全国首届水土保持青年学术讨论会 1993 年 4 月在京隆重召开。

科技兴国、富国、强国,是当今世界各国的共同目标。90 年代是一个关键时期,未来几年我国的经济的发展将决定中华民族以什么样的面貌进入 21 世纪,而经济的发展又取决于科学技术进步。要发展科学技术,就必须依靠科技人才,尤其是青年科技人才。青年时期是科技工作者从事科学研究,取得丰硕成果的黄金时期。在我国水土保持科技界,新老交替正在迅速进行,在许多科研、生产、教学和管理部门,青年科技人员已经占到科技人员总量的一半左右。事实上,许多青年科技人员无论是在业务上还是在管理上,已经起到了中坚和骨干作用。教学、科研、生产和管理的重任,已经有相当一部分压在了青年科技人员肩上。青年科技工作者正在成为和将要成为我国在新旧世纪交替时期的科技骨干和栋梁,肩负着光荣而艰巨的历史使命,任重而道远。时代呼唤科学,科学呼唤青年。面对这样的形势,我们水土保持青年科技工作者要清醒地认识到我们所面临的挑战和肩负的重任,认真学习和领会邓小平同志“科技是第一生产力”的思想,抓住新科技革命这一稍纵即逝的历史机遇,面向经济建设和我国水土保持生产实际,选定自己的战略目标,发挥自己的优势,为我国的水土保持科技事业做出无愧于历史和时代的贡献。

我国老一代的水土保持科技专家,不仅为水土保持事业的发展和经济建设建立了卓越功勋,而且也为我们留下了非常珍贵的精神财富。在新的历史时期,我们要以他们为楷模,学习他们对祖国始终怀有一颗无限挚爱的赤子之心;学习他们矢志不渝,追求真理的执着精神;学习他们一丝不苟,严谨求实的科学作风;学习他们不畏艰险,勇克难关的坚强韧劲;学习他们脚踏实地,埋头苦干的高尚风范;学习他们不求名利,无私奉献的优秀品质。科技工作是艰苦的劳动,在科学上每前进一步,都包含着巨大的辛劳。只要我们刻苦学习,努力钻研,锲而不舍,孜孜以求,不断地提高自己的素质,发挥青年人勇于创新、敢于开拓的锐气,紧紧追踪世界科学前沿,锐意进取,奋力拼搏,努力攀登科技高峰,我们就一定能够接好老一代水土保持科技专家传下来的“接力棒”。

为了给水土保持青年科技人才的培养和成长提供更为广阔的社会舞台,促进我国水土保持科技事业的不断发展和科技队伍的不断壮大,带着老一代水土保持科技专家的殷切期望,我国水土保持青年科技工作者的学术组织——中国水土保持学会青年学术研究会宣告成立。其宗旨是广泛联系水土保持青年科技工作者,树立青年科技工作者良好的道德和品格;组织开展有关的国内外学术交流、专题讨论、学术考察等活动;编辑出版学术刊物、论文集;反映青年科技工作者的呼声,推荐优秀青年科技人才;促进水土保持科技人才的成长和科技水平的提高。经中国水土保持学会青年学术研究会筹备会议研究,并报中国水土保持学会批准,决定召开这次全国首届水土保持青年学术讨论会,在大会召开及交流之前编辑和正式出版会议论文集。

中国水土保持学会青年学术研究会筹备组,经过近一年的积极而紧张的筹备,克服了人员、经费不足等种种困难,使得全国首届水土保持青年学术讨论会能够如期召开。这次会议是建国以来首次召开的全国性的水土保持青年学术会议,其主要目的是检阅我国水土保持

青年科技工作者的科研成果,开展学术交流,发现和培养优秀青年科技人才,树立青年科技工作者良好的科学道德和品格,进一步提高我国水土保持青年科技队伍的整体水平。中国水土保持学会青年学术研究会筹备组于1992年6月开始进行首届青年学术讨论会的论文征集工作,引起了全国水土保持青年科技工作者的强烈反响和有关部门、单位的大力支持,共收到论文120余篇。经由水土保持学界有关专家组成的论文评审组进行初审和终审,共筛选出66篇入选论文汇编于本论文集。文集的主要内容包括水土保持科学基本理论、水土保持综合治理措施体系、新技术和新方法在水土保持科学中的应用三大部分,比较全面地反映了近年来我国水土保持学界青年科技工作者的研究成果和学术水平,展现了我国水土保持青年科技工作者在改革开放的大潮中为振兴中华、发展祖国的水土保持科技事业所作出的实际贡献。它表明,我国水土保持青年科技工作者不负众望,在老一代和中年水土保持专家的指导下,在面向经济建设主战场、跟踪世界科技发展前沿、推进基础研究和应用研究等方面,勇于探索,勤奋实践,已经取得了大量的科研成果,已成为我国水土保持科技队伍中一支不可忽视的力量。它也表明,在向新科技高峰攀登的过程中,我们的水土保持科技队伍正不断发展壮大,我国的水土保持科技事业必定后继有人。

党的十一届三中全会以来,党中央、国务院制定了一系列改革开放政策,为青年科技人才的成长提供了前所未有的良好条件。近几年来,我国已经涌现出一批在国际上领先的重大科技成果,在促进经济与社会发展方面作出杰出贡献的青年科学家和科技工作者,他们是我们广大青年科技工作者学习的榜样。我们坚信,我国的水土保持科技青年工作者一定会在中老年科技专家的关心帮助下,密切同工农群众的联系,在社会实践中增长才干、锻炼成长,攀登科技新高峰,为祖国的水土保持科技事业建功立业。

在本论文集编辑出版之际,我们特此对全体入选论文作者,对北京林业大学水土保持学院、中国黄土高原治山技术培训中心、中国科学院—国家计委地理研究所、山西省水利厅、甘肃省渭源县水利局,对国家“八·五”科技攻关专题“长江中上游典型流域防护林体系水土保持、水文动态效益研究”、“黄土高原防护林体系区域生态效益研究”、“西吉黄土丘陵沟壑区小流域综合治理及农业生态经济系统研究”、“黄土高原泾水河流域生态经济型防护林体系建设模式研究”和“黄土高原径流林业合理配套技术措施的研究”等课题组的大力支持和赞助,对中国水土保持学会、北京林业大学、北京市水利局等有关部门热情支持和大力协作表示衷心地感谢,并向全体关心、支持和帮助水土保持青年科技人才培养和成长的社会各界人士致意。

由于编辑水平有限、人员紧张、时间仓促,难免出现错误,同时由于全书篇幅所限,所有参考文献均未列入,另外根据专家审查意见,对部分论文的文字和图表作了相应改动和删节。编辑工作不当之处,欢迎批评指正。

余新晓 罗 晶

1993年3月10日 于北京

# 目 录

## 水土保持科学基本理论

黄河流域的现状与未来减沙评估.....	徐建华 (1)
长江上游干旱河谷水土流失及其治理途径刍议.....	崔 鹏等(6)
松辽流域水土流失防治对策研究 .....	沈 波等(12)
中国山区沟谷泥石流危险度的定量判定法 .....	刘希林等(17)
薄层水流侵蚀主要参数沿程变化规律的研究 .....	吴普特等(23)
黄土地区人工降雨条件下土壤入渗的研究 .....	陈丽华等(31)
黄土地区流域暴雨侵蚀产沙研究 .....	李占斌等(36)
黄土地区防护林体系根际区土壤水分平衡研究 .....	余新晓 (41)
华南花岗岩地区暴雨特征及其对侵蚀的影响 .....	靳长兴等(50)
紫色丘陵区小流域降雨及径流输沙模型初探 .....	程先云 (54)
黄土坡面产沙过程的数学模型 .....	杨建英等(61)
坡面水下沟对沟坡净侵蚀产沙的影响 .....	陈 浩 (65)
用模糊聚类方法确定小流域土壤侵蚀程度 .....	刘正杰 (70)
山西西部黄土残塬沟壑区水土保持林水质效应研究 .....	吴 斌等(74)
岷江中上游森林动态变化对水沙的影响 .....	罗茂盛 (82)
防护林体系水文生态效益计量评价的研究与进展 .....	毕华兴 (88)
林地糙率 $n$ 值的研究 .....	张洪江等(94)
黄土低山丘陵及坳甸草原区土壤侵蚀的研究 .....	张启昌等(98)
黄丘一付区苜蓿草地的土壤水分研究.....	白志刚 (103)
赣西北次生针叶林地土壤水分动态的初步研究.....	贺康宁 (107)
吉县黄土的剪切强度及油松刺槐人工林的固坡作用.....	赵廷宁等(113)
山西省地质背景与水土流失关系浅析.....	王日鑫等(117)
风化花岗岩区不同层次土体水稳性对崩岗侵蚀的影响.....	牛德奎 (122)
花岗岩严重侵蚀区的治理途径.....	何长高 (127)
太行山石灰岩区不同地类土壤侵蚀的研究.....	王 棣等(130)

## 水土保持综合治理措施体系

深圳市观澜河流域水土流失控制规划.....	何江华等(135)
平朔安太堡露天煤矿潘家窑排土场水土流失及其防治对策.....	王治国等(139)
岩脉金矿固体废弃物的水土流失及其防治模式.....	赵清侠等(145)
浅谈鲁南地区低山丘陵区水土流失与水土保持.....	崔建民 (149)
对实行水土保持方案制度的探讨.....	何建华 (153)
小流域图形信息管理系统的开发及其应用.....	张 忠等(156)

GIS 支持下的小流域水土保持生态经济效益评价与预测系统·····	王 兵	(160)
论小流域农业生态经济系统的调控·····	齐 实	(166)
贫困山区从温饱型向富裕型迈进需要改革现行的小流域治理·····	李松梧	(171)
试议小流域治理效益评价的几个问题·····	李忠魁	(175)
小流域综合治理评价指标体系的探讨·····	吴长文	(179)
三地沟沟坡开发治理模式规划研究·····	汪洪清	(185)
浆水镇山地生态经济系统及效益分析·····	张金柱	(190)
从右玉的治沙实践谈治沙的方法与效益·····	曹功瑞等	(194)
黄河中游坝库拦沙量估算问题·····	李世明等	(197)
陕西省红旗沟流域淤地坝调查与分析研究·····	喻权刚	(201)
黑龙江省黑土坡耕地水土保持田间措施的选择·····	詹 敏	(206)
梯田作物生产潜力的系统分析·····	姚云峰等	(210)
水平梯田减水减沙效益计算探讨·····	张金慧等	(214)
花岗片麻岩地区坡改梯效益试验研究·····	李 华等	(218)
建设水平梯田是黄土丘陵区发展旱作农业的突破性措施·····	刘东海	(223)
试述区域生态经济型防护林体系建设模式系统研究的景观生态学途径·····	任 勇	(227)
黄土高原坡面喷涂绿化技术试验研究·····	杨维西等	(231)
六种多年生豆科牧草的水土保持效益试验研究·····	韩玉峰等	(237)
晋西黄土残塬沟壑区封禁小流域植被恢复的研究·····	张津涛等	(242)
水土流失区重建植被和资源开发利用途径探讨·····	李相玺	(248)
黄土地区三种幼树枝叶水势在不同水分条件下的反应·····	郭小平等	(251)
宁夏西吉水土保持薪炭林经营技术研究·····	王冬梅等	(255)
不同土类水土保持树种选择 Fuzzy 评价模型·····	罗 林	(262)
晋西黄土区主要防护林树种——刺槐生长规律的研究·····	张建军等	(266)
抑制素在果树上的应用研究·····	万国良等	(272)
杨柴地上现有生物量预测模型研究·····	李钢铁等	(276)
论沙棘的水土保持防护功能·····	罗 晶等	(279)
内蒙古黄土高原沙棘生物量预测模型的研究·····	杨胜利等	(283)
论抗癌植物冬凌草的深层次水土保持经济开发途径·····	孔四新	(287)

## 新技术和新方法在水土保持科学中的应用

应用 TM 数据调查土壤侵蚀的研究·····	王安明	(291)
水土流失机助遥感制图研究·····	史志刚等	(296)
苏北云台山区水土流失强度遥感分级方法探讨·····	张金池等	(299)
应用遥感影像监测土壤侵蚀的几个关键性问题·····	高 峰等	(303)
测定径流池泥沙量的简易方法——测深法研究·····	郭培才等	(306)
JD-I 型径流泥沙测定仪·····	孙传生	(310)

## 水土保持科学基本理论

# 黄河流域的现状与未来减沙评估

徐建华

(黄河水资源保护科学研究所)

**摘要** 本文以统计资料为基础,结合过去的研究成果,从水保法的角度分析黄河流域水利水保的拦沙效益。过去40年全河水利水保拦沙量约4亿t,其中坝库作用占77%;1970~1989年,年均拦沙5.5亿t,较1950~1969年,年均多拦沙3亿t。在分析现状减沙的基础上,对未来减沙趋势进行评估。若来沙为过去40年实测均值情形,现有的工程措施拦沙量衰减很快,到2030年,将从现状的减沙近4亿t锐减到不足2亿t,并且库坝作用已经很小;当然,若按照水保大规划等方案进行治理,在中上游控制黄河的泥沙,是减少下游河道淤积的一条途径。

水文观测资料分析表明,如无定河等较大的支流,实施水利水保措施以后,河流的输沙量减少了一半以上,从而看出:修建水库、开展水土保持工作,在中上游控制黄河的泥沙,是减少下游河道淤积的重要措施。由于干支流工程的影响,黄河下游的水文泥沙状况发生了很大的变化,到目前,黄河的水沙已非自然状况,很大程度上受到人类活动的干扰。本文从水保法角度分析评估黄河流域水利水保工程的拦沙效益。

## 1 过去几十年水利水保措施拦沙效益分析

### 1.1 水利水保措施量、分布及其发展变化过程

1.1.1 措施量 据统计,到1989年,黄河流域(指花园口以上,下同)累计治理面积达20061万亩。其中林草措施为14257万亩,占71%,基本农田仅占29%;在基本农田中,梯条田占77.6%,坝地为370.64万亩,仅占6.4%。说明水土保持措施中林草占了绝对数,基本农田相对较少,而基本农田中,又以梯田为多,坝地最少。

经过40年的努力,全河共有小(一)型以上水库615座(上游没包括龙羊峡水库,龙、华、河、湫以下水库暂缺),总库容达154亿 $m^3$ 。花园口以上引灌面积约3500万亩。由于这些水利水保工程的作用,近20年进入下游的泥沙显著减少。

1.1.2 措施分布 水保措施主要集中在中游地区(指河口镇至龙、华、河、湫区间,下同),尤以河~龙(指河口镇至龙门,下同)区间为最多;水库从座数上看中游区多,但从库容上看上游(指河口镇以上,下同)最多;大面积引灌主要在上游宁、蒙灌区和中游的汾、渭盆地。

1.1.3 发展变化过程 梯田和坝地是70年代发展较快,林草发展高潮在80年代,大中型水库的发展主要在五、六十年代,小(一)型水库70年代增加最多。

## 1.2 各种措施的拦沙机理

1.2.1 梯田是将水土流失严重的坡地夷为小块平地,使降雨期的入渗量增加,遇一般暴雨不产生径流。也没有水土流失,但遇较大暴雨必然有冲毁情况,减沙效益就会相对减少。

1.2.2 林草是以其枯枝落叶层和草皮保护地表土壤不受雨滴溅蚀和径流冲蚀。植物的叶面也有截留雨水、增加入渗、减少径流的作用。绥德和离石小区域试验表明:当植被覆盖度达70%以上时,减沙效益明显而又稳定。但造林种草若达不到郁闭地面和没有深厚的枯枝落叶层,减少径流的作用就相对较少。

1.2.3 坝地是在沟谷里修建的蓄水拦沙坝库(如谷坊、淤地坝和小水库等)淤积而成,这些沟壑措施是以其库容拦蓄集水区内侵蚀下来的泥沙为目的,在拦沙库容被淤满以后,就丧失了拦蓄泥沙的作用,只有在淤积物覆盖的范围内起到遏止沟壁坍塌的作用。

1.2.4 水库主要是靠拦泥库容或死库容拦蓄泥沙,其拦沙机理与坝地前期类似。

1.2.5 引水灌溉是直接从小河取水,或多或少要带进一些泥沙进入灌区,从而减少干流输沙量。

## 1.3 拦沙计算方法及其拦泥量

(1) 梯田拦沙量采用陕北小流域坡面措施拦沙量计算方法,公式为:

$$\Delta W_s = 5.112 \times \eta \times W_s / A \times F \quad (1)$$

式中:  $\Delta W_s$ ——坡面措施拦沙量(万t),  $W_s$ ——流域输沙量(万t),  $A$ ——措施量(万亩),  $\eta$ ——坡面措施拦沙效益系数。拦沙效益系数取0.7。根据上式计算,1989年梯田拦沙量为4510万t,中游区为4278万t,河~龙区间为2172万t。从时段上来看,1950~1969年年均拦沙501万t,而1970~1989年达2918万t,后20年是前20年的5.82倍,计算结果见表1。

(2) 林草统计面积已具有相当数量,但大面积林草减沙效益如何评估,还没有一套较成熟的方法。对于目前所说的全流域1.4亿亩林草措施的拦沙作用应注意到两点:一是各省(区)统计的措施面积为开展工程量面积,并非保存面积,而且还有相当大的面积不在水土流失部位,对防治水土流失的作用有限;二是目前水土流失区的人工造林多为幼林,且多为林粮间作,郁闭度低,抗冲能力弱;草地多为人工种草,为草田轮作性质,历年变动很大,难以形成植被,抗冲作用也不很明显。经考察及参照一些研究成果,认为1989年以前对计算减沙效益真正有作用的林草保存率,河~龙区间为上报统计值的15%,其余为30%。

林草措施的减沙效益参照(1)式计算,实有措施面积的确定前已述及,但拦沙效益系数的确定更为困难,它是与植被度等多种因素密切相关的综合参数,考虑到各地水热条件的差异,林草拦泥保土效益系数也不一致,河~龙区间取30%,其余取40%~50%。经计算,1989年林草拦沙量为2664万t,中游区为2522万t,并且后20年达1206万t/年,是前20年的6倍多,见表1。

(3) 坝地拦沙量的计算只能通过典型调查确定各个地区淤一亩坝地需用多少土方(简称拦泥定额)。在无定河流域,我们实测了52座淤地坝,并根据流域大小坝配置比例确定该区坝地拦泥定额为4000t/亩,综合选定其它地区的定额是:晋西北2000t/亩,河~龙区间平均3200t/亩,中游区大平均只有2500t/亩。有了拦泥定额,乘以坝地面积就可估算出坝地拦泥量。到1989年坝地累计拦泥59.4亿t,河~龙区间34亿t,占57%;从时段上看:70年代拦沙最多年均达2.73亿t,后20年年均拦泥2.3亿t,是前20年年均拦泥量的3.4倍,计算结果

见表 1。

表 1 黄河流域水利水保措施量及拦沙效益成果表

河段名	分类	措施量 (万亩或亿 m <sup>3</sup> )				累计拦泥量 (万 t)				年均拦泥量 (万 t/a)			
		1959	1969	1979	1989	1959	1969	1979	1989	50年代	60年代	70年代	80年代
河口镇以上	梯田	49	137	414	527	35	165	565	1245	3	13	40	68
	林草	148	288	643	2777	15	60	150	495	2	5	9	34
	坝地	12	26	46	102	8160	23460	46430	102020	816	1530	2297	5559
	水库	5	82	86	87	16503	127221	242813	339759	1500	11072	12844	9695
	灌溉合计					57900	90100	119200	144400	5790	3220	2910	2520
河口镇~龙门	梯田	74	161	414	598	1340	5610	16050	34420	134	427	1044	1837
	林草	415	769	1923	5496	450	1730	4635	12645	45	128	291	801
	坝地	12	28	79	106	27080	76740	222064	339370	2708	4966	14532	11731
	水库	6	9	26	26	3164	34874	87564	137353	288	3171	5854	4979
	合计									3175	8692	21721	19348
中 游 区	梯田	191	465	1287	1882	2060	9315	28885	64650	206	725	1957	3577
	林草	706	1335	3235	9605	890	3500	9400	26190	89	261	590	1679
	坝地	25	52	138	177	38265	102934	300111	443481	3827	6467	19717	14336
	水库	29	37	67	67	10050	96147	210048	296374	914	8610	12655	8632
	灌溉合计					24200	52540	101470	125600	2420	2834	4893	2413
全 河	梯田	385	894	2317	3133	2225	10000	30675	68350	223	778	2068	3768
	林草	1043	2007	4781	14257	960	3775	10105	27900	96	282	633	1779
	坝地	48	99	255	371	50295	134624	386230	593852	5030	8433	25160	20763
	水库	34	119	153	154	26554	223367	452860	636133	2414	19682	25499	18327
	灌溉合计					82100	142640	220670	270000	8210	6054	7803	4933
									15973	35229	61163	49570	

(4) 由于水库的拦蓄作用,减少了下泄的泥沙。到 1989 年,经对小(一)型以上水库逐个统计,有 48.93 亿 m<sup>3</sup> 泥沙淤在水库中,占总库容的 31.7%,上游淤积 26.14 亿 m<sup>3</sup>,占全河的一半多。在已淤量中,90%淤在大中型水库里。从不同时期的淤积量看:50 年代为 0.24 亿 t,60 年代为 1.97 亿 t,70 年代为 2.55 亿 t,80 年代为 1.83 亿 t。由于 60 年代初期大中型水库的建成,水库大量拦泥较坝地早。

(5) 灌溉引沙量,根据实测或河渠水沙关系分析得花园口以上地区灌溉引沙量,50 年代最多,达 8210 亿 t/年,80 年代仅约 5000 亿 t/年,40 年平均引沙 6750 亿 t/年,河口镇以上占一半多。

(6) 综合分析得黄河流域近 20 年水利水保年拦沙 5.52 亿 t,其中坝地占 41.6%,水库占 39.4%,引灌占 11.5%,坡面措施占 7.5%。从时段上看:50 年代为 1.6 亿 t,60 年代为 3.52 亿 t,70 年代高达 6.12 亿 t,80 年代为 4.96 亿 t,这与水利水保发展过程和来沙变化过程是一致的。

## 2 未来水利水保措施减沙趋势预估

预估未来水利水保拦沙量,只能在给定的条件下进行。现状拦沙只考虑了梯田、林草、坝地、水库和灌溉引沙,预估中仍考虑以上几项,并将水库和坝地合并为库坝工程考虑。

2.1 梯田 据《黄河流域黄土高原地区水土保持专项治理规划要点》(简称水保大规划,下同),到2000年全河达到5200万亩,未来梯田拦沙就是依此估算的,计算公式仍为(1)式,计算结果见表2。

表2 黄河流域水利水保减沙效益预测成果汇总表

单位: t

方案	河段名	项目	预测年份					备注
			1990	2000	2010	2020	2030	
第一方案	河口镇 ~ 龙门	梯田	2172	2172	2172	2172	2172	第一方案: 不增加任何新工程。
		林草	1187	1187	1187	1187	1187	
		库坝合计	12714	10542	8740	7246	0	
	中游区	梯田	4278	4278	4278	4278	4278	
		林草	2522	2522	2522	2522	2522	
		库坝	18652	15998	13755	11857	4239	
		灌溉合计	2413	2413	2413	2413	2413	
	全河	灌溉合计	27865	25211	22968	21070	13452	
		梯田	4551	4551	4551	4551	4551	
		林草	2664	2664	2664	2664	2664	
		库坝	26989	23872	21242	15822	7345	
		灌溉合计	4933	4933	4933	4933	4933	
第二方案	河口镇 ~ 龙门	梯田	2172	3604	3604	3604	3604	第二方案: 按过去40年平均速度发展库坝工程。
		林草	1187	2375	2375	2375	2375	
		库坝合计	12714	20362	25704	29344	31750	
	中游区	梯田	4278	7099	7099	7099	7099	
		林草	2522	5044	5044	5044	5044	
		库坝	18652	29184	36842	42108	45937	
		灌溉合计	2413	2413	2413	2413	2413	
	全河	灌溉合计	27865	43740	51398	56664	60493	
		梯田	4551	11032	11032	11032	11032	
		林草	2664	5327	5327	5327	5327	
		库坝	26989	41497	51236	57685	61724	
		灌溉合计	4933	4933	4933	4933	4933	
第三方案	河口镇 ~ 龙门	梯田	2172	3604	3604	3604	3604	第三方案: 按水保大规划速度发展库坝工程。 来沙情况为 1950~1989年实测均值。
		林草	1187	2375	2375	2375	2375	
		库坝合计	12714	26707	36266	42597	46665	
	中游区	梯田	4278	7099	7099	7099	7099	
		林草	2522	5044	5044	5044	5044	
		库坝	18652	34506	45213	62503	56999	
		灌溉合计	2413	2413	2413	2413	2413	
	全河	灌溉合计	27865	49062	59769	77119	71555	
		梯田	4551	11032	11032	11032	11032	
		林草	2664	5327	5327	5327	5327	
		库坝	26989	45800	57811	65152	70092	
		灌溉合计	4933	4933	4933	4933	4933	
合计	39137	67092	79103	86444	91384			



2.2 林 草 水保大规划安排,到 2000 年,造林种草保存面积达 14500 万亩,与现状统计值接近,说明黄土高原的造林种草是有较大困难的。一是水热条件的制约,二是人类活动的破坏性干扰。未来的造林种草工作,很大程度是在曾经作过生物工程的土地上重新补植,加强维护,增加保存率而已,特别是在集中产沙区仍将以草灌为主,对未来情形不能估计得过分乐观。从黄河流域的现实出发,假定 2000 年乃至以后一个时期,黄土高原的造林种草保存率较现状提高一倍,其拦沙计算方法与现状同,计算结果见表 2。

2.3 灌溉引沙 现在每年引沙大约 4933 万 t,未来的引灌面积还会扩大,由于水资源紧缺,未来的引灌方式肯定要加以改进,大引漫灌有所减少,灌溉引沙量不会大量增加,假定未来的灌溉引沙量仍保持现状水平。

2.4 库坝 库坝是水库和淤积地坝的总称,黄河中游库坝工程数以万计,已基本形成坝库群,要逐个计算它们的拦沙作用是困难而复杂的。根据熊贵枢的研究,一个流域内坝库群的累计拦沙量大体符合洼地蓄水理论,可表示为:

$$V_t = V_m \left( 1 - e^{-\frac{F_0}{F} \times \frac{t \times W_0}{V_m}} \right) \quad (2)$$

式中:  $V_t$ ——坝库群第七年的累计拦沙量 (万  $m^3$ ),  $V_m$ ——坝库群的总拦沙库容 (万  $m^3$ ),  $t$ ——坝库群运行年数,  $W_0$ ——流域产沙量 (万  $m^3$ ),  $F_0$ ——坝库群控制面积 ( $km^2$ ),  $F$ ——流域控制面积 ( $km^2$ )。

上式表明,当集水区内累计来沙量大到一定数量时,指数项接近于 0,这时  $V_t$  接近于  $V_m$ ,流域产生的泥沙仍会经过库坝向下排泄。在下垫面工程方面,我们考虑了三种方案:一是只考虑现有工程的延续效益,对其它方案可起到对比作用;二是假定今后几十年按过去 40 年平均速度发展工程,该方案虽然较粗,但已经得到了实现;三是未来几十年按水保大规划速度发展,这一规划已经国家计委审批。各种工程状态下的拦沙结果见表 2。

## 2.5 水利水保措施综合拦沙效益分析

2.5.1 不增加任何新工程的综合拦沙效益。1990 年水利水保拦沙为 3.91 亿 t,其中坝库作用占 69%;到 2030 年,锐减到 1.95 亿 t,库坝作用仅占 37%,河~龙区间只有坡面措施有拦泥减沙作用。

2.5.2 按过去 40 年平均速度发展库坝工程的综合拦沙作用,以后两方案坡面措施拦泥量借水保大规划 2000 年值外延。到 2030 年拦泥量达 8.3 亿 t/年,较上方案净增拦泥量 6.35 亿 t,其中 74%是库坝的作用。

2.5.3 按水保大规划速度发展库坝工程的综合拦沙效益,该方案预计到 2030 年,拦沙量达 9.14 亿 t/年,比上方案拦沙量稍大,是因为水保大规划更多地注意了拦泥保土因素。