

陈亚宁 周金星 等 著

W 中国西部

山区流域综合治理研究

Integrated Management
of Mountain Catchment
in Western China



科学出版社

www.sciencep.com

中国西部山区流域 综合治理研究

陈亚宁 周金星 等著

科学出版社

内 容 简 介

流域是山区最基本的生态单元,山区的生态建设应以流域尺度为基础进行综合治理。本书从理论和实践两方面详细、系统地阐述了山区流域综合治理的理论体系,以及青藏高原、黄土高原、长江上游山区及新疆天山地区典型流域综合治理成功的模式与具体技术措施。

本书可供从事流域治理、水土保持、生态工程学、林学、农学、环境科学等专业的师生及研究人员参考,也可由政府有关部门进行区域生态安全建设、水土保持与林业生态工程建设方案设计时参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国西部山区流域综合治理研究/陈亚宁,周金星等著. —北京:科学出版社, 2006

ISBN 7-03-017545-X

I. 中… II. ①陈… ②周… III. ①山区-水土保持-研究-西北地区 ②山区-水土保持-研究-西南地区 IV. S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 071585 号

责任编辑:赵 峰 李久进 沈晓晶/责任校对:赵燕珍

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 10 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006 年 10 月第一次印刷 印张:24

印数:1—1 500 字数:551 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《中国西部山区流域综合治理研究》

著者成员名单

主 任 陈亚宁

副 主 任 周金星 李卫红 蔡强国 张旭东 费世民

著者名单 (按姓氏笔画排序)

孔繁新	付爱红	庄 丽	刘加珍	许杰庭
孙启祥	李 韧	李卫红	杨思泉	张旭东
陈 浩	陈永金	陈亚宁	陈亚鹏	周金星
费世民	徐长春	高 柯	黄 湘	蔡强国
谭显春				

前 言

当今世界,生态破坏、环境污染已成为全球性问题,生态安全体系建设已日益受到人们的广泛关注。占我国国土面积 2/3 的山区,其最基本的生态地貌单元——流域系统的生态安全已成为生态环境综合治理研究的重点和难点。由于耕地资源少,人口承载力相对薄弱,加上人类不合理的利用开发导致这一区域生态环境恶化,生态问题突出。全国每年土壤流失量高达数百亿吨,而大部分都产生于山区,可以说没有山区的水土流失问题就没有下游的洪涝旱灾。山区的综合治理与开发已成为生态建设、国土整治、江河治理及可持续发展的重大举措,是振兴山区经济、实现山区人民全面建设小康社会的重要途径。

当前我国的重大战略部署就是全面建设和谐社会和加快新农村建设,而我国目前还有 592 个国家级贫困县,其中 496 个在山区。全国 2600 万绝对贫困人口也主要集中在深山区、石山区和高寒山区。全国因自然灾害导致的各种损失日益增加,而导致灾害发生的重要原因与山区流域生态安全体系密切相关。根据我国 2000 多年来的历史记载,其中 1600 多次的大水灾和 1300 多次的大旱灾与山、林及其生态、环境等有着密切的关系,山区流域生态环境的破坏和社会因素是造成我国水旱灾害频繁和损失加重的重要原因之一。从国内外生态环境建设的发展趋势和现状分析,以流域为单元开展生态安全体系建设已经成为一种必然的趋势。流域生态学的产生和发展,已经为流域综合治理的研究提供了坚实的理论基础。以山区为主的国土区域,要彻底遏制生态灾害问题,就必须从其最基本的生态单元——流域尺度着手迅速建立宏观生态调控体系,进行大的生态协作,才能从根本上搞好山区的生态建设,维护该区域的生态安全。因此,着眼于大局,立足于整体,实行流域生态系统一盘棋,进而全面启动流域综合治理工程,是国土生态安全的重要保障。在此基础上开展山区流域的生态安全体系建设的研究与示范,充分发挥流域综合治理在山区流域生态安全体系建设中的地位 and 作用,将具有十分重要的意义。

在国家“九五”、“十五”科技攻关项目、国家自然科学基金项目(30440034)的资助下,本研究选择青藏高原、黄土高原、长江上游山区及新疆天山地区典型流域进行流域水沙运移规律、水土保持、山地减沙治理研究和恢复治理示范,对保护山区土地资源,促进区域可持续发展和生态安全建设进行了积极探索。本书在吸纳前人相关成果的基础上系统总结了流域综合治理基础理论,旨在对我国山区流域综合治理有所裨益。但由于种种原因,书中引用同行的文献未一一列出,在此深表歉意。

由于时间仓促,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正,以共同推进我国山区流域综合治理工作。

作者

2006 年 3 月

• i •

目 录

前言

上篇 山区流域综合治理理论

第一章 绪论	3
一、流域治理的内涵	3
二、国内外流域治理研究现状	5
三、西部山区流域治理的意义	10
第二章 流域治理的理论基础	21
一、生态环境脆弱带划分	21
二、流域景观分析	21
三、生态系统管理	22
四、流域综合治理的基本原则	24
第三章 流域生态系统综合诊断	30
一、流域生态系统诊断的内容	30
二、流域生态系统诊断方法	32
三、流域综合诊断结果	40
四、流域资源环境信息管理	55
第四章 流域侵蚀动因分析	59
一、影响流域侵蚀的不良地质现象	59
二、流域侵蚀的发展变化	65
三、不良地质现象的相互作用关系	76
四、减轻不良地质现象的对策	82
第五章 流域侵蚀类型及其土壤侵蚀量的模拟计算	84
一、流域侵蚀类型	84
二、流域侵蚀产沙时空分布特征	86
三、流域土壤侵蚀量的模拟计算	90
第六章 流域坡面侵蚀产沙	97
一、概述	97
二、坡面侵蚀过程	98
三、坡面侵蚀的主要类型	108
第七章 流域沟道侵蚀冲刷与泥沙输移	123
一、流域河床形态调整、演变	123
二、河床形态的变化	124
三、河流水沙模拟计算	127

四、河道形态与河道输沙·····	129
第八章 流域治理的决策支持系统 ·····	131
一、系统结构·····	131
二、系统功能·····	131
三、集成方式·····	133
四、小流域数据库建立·····	135
五、模型功能的基本算法·····	140
六、流域规划模块·····	151

下篇 山区流域综合治理实践

第九章 新疆头屯河流域系统诊断及河流水沙情势分析 ·····	155
一、流域基本资料采集·····	155
二、流域地貌与河道形态分析·····	160
三、地质地貌条件对流域产沙的影响·····	166
四、流域分区诊断·····	168
五、河流水沙情势分析·····	172
第十章 山区流域植被生物治理措施 ·····	187
一、头屯河山区流域植被概况·····	187
二、不同植被条件的生态功能分析·····	192
三、流域植被生物治理措施规划·····	200
第十一章 山区流域工程治理措施 ·····	205
一、头屯河流域工程治理的基本思路·····	205
二、流域工程治理规划的设计依据·····	206
三、工程治理措施规划·····	208
四、典型工程分析·····	210
五、工程措施的功能效益分析·····	217
六、工程量计算及施工·····	220
第十二章 水库在头屯河流域治理中的运用 ·····	224
一、头屯河流域及水文泥沙特性·····	224
二、水库的运行与泥沙淤积·····	226
三、水库冲淤影响因素分析·····	242
四、水库淤积趋势分析·····	243
五、水库排沙运行方式·····	248
六、水库排沙减淤运用·····	250
七、出库泥沙的利用·····	270
第十三章 长江上游低山丘陵区小流域综合治理 ·····	272
一、长江上游水土流失状况·····	273
二、小流域土壤侵蚀规律研究·····	277
三、小流域综合治理技术措施·····	280

四、典型小流域综合治理·····	281
五、长江上游小流域水土流失综合治理对策·····	293
第十四章 黄土高原小流域治理研究典型事例分析 ·····	295
一、研究的典型小流域概况·····	295
二、流域模型研究·····	300
三、羊道沟小流域侵蚀产沙模型应用研究·····	311
四、流域侵蚀模型的参数修正与推广应用·····	332
五、王家沟流域作物生产潜力模型·····	337
六、小流域治理措施成本效益模型研究·····	342
第十五章 青藏高原山地流域植被恢复对策研究 ·····	349
一、青藏高原山地原生植被类型及其分布特点·····	349
二、青藏高原山地植被退化状况·····	352
三、植被恢复存在的问题·····	356
四、植被恢复目标、基本思路及分区规划布局·····	358
五、植被恢复的战略对策建议·····	360
参考文献 ·····	365

上 篇

山区流域综合治理理论

流域综合治理理论是山区人民长期与自然环境协调相处的经验总结，是山区人民改善自身生存环境、谋求可持续发展的智慧结晶。

第一章 绪 论

一、流域治理的内涵

(一) 问题的提出

水土资源是人类生存和发展的重要物质基础,是进行农业生产的基本条件。水土流失已经成为全世界最大的生态环境问题之一。据估计,在整个人类历史时期,由于人类活动造成过去肥沃的土地变成贫瘠荒漠劣地的已有 $1.5 \times 10^9 \sim 2.0 \times 10^9 \text{ hm}^2$, 现在平均每年约丧失 $7 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 土地,这就意味着每年有 $2.1 \times 10^7 \sim 2.5 \times 10^7$ 人将失去生活基地。土壤侵蚀已成为许多国家的严重灾害。据报道,1776 年美国适宜耕种的表土平均厚度约 23cm,而由于土壤侵蚀,现在只剩 15cm。形成 35mm 厚土壤需要 300~500 年,也就是说,美国在 200 年里损失了将近 1000 年生成的土壤财富,仅此一项每年就损失大约 $4 \times 10^9 \text{ t}$ 土壤和 $1.3 \times 10^{11} \text{ t}$ 水,损失的营养元素、水和作物产量加起来总价值约 2.7×10^{10} 美元。原苏联的欧洲部分大约有 $5 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 土地遭到侵蚀,20 世纪 50 年代初据札斯拉夫斯基估计,全苏联农用土地若不采取防蚀措施,每年将流失表土 $7 \times 10^9 \text{ t}$; 土壤侵蚀造成的损失,“各种农作物产品产量至少将减产大约 $1/4 \sim 1/3$ ”。澳大利亚可利用的农牧地中,一半以上遭受侵蚀,仅新南威尔士州就有约 $7 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 土地遭受严重侵蚀。印度的土地面积为 $3.28 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 约有 $1.75 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 土地遭受侵蚀,全国土壤流失量约 $5.33 \times 10^9 \text{ t}$, 其中 $4.8 \times 10^8 \text{ t}$ 淤积在水库中,使水库的蓄水量每年损失 $1\% \sim 2\%$, 有 $1.57 \times 10^9 \text{ t}$ 流入大海。据布朗估计,如果全球的土壤允许流失量按 12 t/hm^2 计算,则全球从农地上流失的表土超过允许流失量的值约为 $2.75 \times 10^{10} \text{ t}$ 。康奈尔大学的皮门特尔估计全球每年流失的表土量更高,为 $7.50 \times 10^{10} \text{ t}$, 为此每年要多支出 4×10^{11} 美元。无论这些估计接近实际状况的程度如何,土壤人为加速侵蚀问题已经构成对人类生存和发展的严峻挑战,所以第十二届国际土壤学会发出了“拯救土壤,就是拯救人类”的呼声;1992 年联合国在巴西召开的世界环境与发展大会(WCED),将土壤侵蚀列为大会通过的文件——“21 世纪议程”中的内容之一。联合国粮农组织(FAO)认为:“土壤侵蚀是可与战争、疾病并列的人类面临的最大威胁”。

我国是世界上土壤侵蚀最严重的国家之一,全国各省(自治区)都存在不同程度的水土流失分布面积。据 1999 年全国土壤侵蚀第二次遥感调查表明,我国 20 世纪末的土壤侵蚀面积约为 $1.65 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占国土总面积的 17.2% (许峰等 2003)。其中轻度水土流失面积为 $8.31 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占全国水土流失总面积的 50.37%; 中度及以上的水土流失面积为 $8.18 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占水土流失总面积的 49.63%。据统计,仅长江和黄河两个流域的土壤侵蚀量就有 $4.52 \times 10^9 \text{ t}$, 其中长江为 $2.24 \times 10^9 \text{ t}$, 黄河为 $2.28 \times 10^9 \text{ t}$ 。我国地形复杂,相对其他国家,我国土壤侵蚀产生的危害在土地资源的破坏,淤积江河、湖沼和水利工程以及加剧洪水灾害等方面更为严重。

自中华人民共和国成立之初我国就开始水土流失的综合治理工作,实施了许多行之有效的水土保持措施,特别是对山区水土流失规律,水土保持措施及其效益进行了研究,取得了一些成果。长期的水土保持实践表明:以流域为单元进行小流域综合治理是有效控制水土流失、保护水土资源的可持续利用、加快生态环境建设的有效途径,是我国的重要水土保持经验。这也与国际上土壤侵蚀治理研究得到的结果相一致。近20年来,小流域综合治理开发在我国水土流失区的蓬勃兴起并不是偶然的,它是水土流失区由防护性治理向开发性治理转化的必然趋势,是加快水土流失治理速度、提高治理质量、巩固和发展治理成果的有效途径,是水土流失区建设良性生态环境的必由之路。客观环境强烈要求加快发展流域治理科学技术,以加强流域治理;预防和治理水土流失;保护和合理利用水土等自然资源;减轻水、旱、风沙灾害;改善生态环境;发展生产。这是国家实施可持续发展战略极其重要的一环。流域治理科学也必将成为21世纪实施可持续发展战略的基础学科。

本书主要以我国西部山区流域综合治理的实践为基础,系统阐述了流域治理的相关理论与方法,旨在为我国流域治理的理论探索与实践提供科学依据。

(二) 流域治理的概念

流域是指某一封闭的地形单元,也是一个水文单元,该单元内有溪流(沟道)或河川某一断面以上全部面积的径流,主要是由分水岭、坡面、沟道组成的自然集水单元。在我国,流域治理又称流域经营,其概念是:为了充分发挥水土资源及其他自然资源的生态效益、经济效益、社会效益,以流域为单元,在全面规划的基础上,合理安排农、林、牧、副各业用地,因地制宜、因害设防地布设各项综合治理措施,对水土及其他自然资源进行保护、改良与合理利用。

小流域一般是指面积几平方公里至几十平方公里的地表径流汇集区域。水利学界将小流域称为支沟或毛沟。水文学中有两种称呼:第一种是直接汇入干流的支流叫一级支流,小流域大多数属于级别最高的支流,譬如三川河是黄河的一级支流,汇入三川河的北川河是黄河的二级支流,王家沟小流域则是黄河的三级支沟;另一方案是按照美国学者享顿(Horton)和斯特纳尔(Strahler)的方法,最小的未分枝的水道叫一级支流,两条一级支流相汇后的水道叫二级支流,两条二级支流相汇后叫三级支流,如此类推,小流域属于一、二级支流。地貌学中,对于流域面积大小不同有河流、河沟和坳沟(又叫干沟)的不同称法,小流域相当于河沟或坳沟。20世纪50年代,地貌学家罗来兴、祁延年等将黄土高原千沟万壑流域叫做沟道流域。据王礼先介绍,原苏联把这种类型的流域叫干沟或河沟;奥地利将这类流域面积不大($<100\text{km}^2$)在长期的地质侵蚀及加速侵蚀(主要是水力侵蚀、重力侵蚀和风化作用)过程中形成的侵蚀地貌单元称为荒溪。由于“荒溪”一词在汉语中的含义容易造成“荒凉”、“荒芜”、“不毛之地”的误解,所以未被我国广泛采用。我国流域治理主要以小流域为单元,实际上是指山区小流域的综合治理与开发,即以小流域为单元,研究水土资源及其他自然资源在环境的保护、改良中进行合理利用的技术,不仅研究流域水土等自然资源的发育与退化规律,人口、资源与环境间的相互关系,而且研究改良流域生态系统的理论与方法以及治理与开

发相结合的可持续经营技术。为了实现流域自然资源的保护、改良与合理利用,还需要研究流域系统的诊断分析方法、资源利用规划、治理措施布局以及流域决策支持技术等。

21 世纪,我国社会经济发展面临着洪涝灾害严重、水资源短缺和水环境恶化等问题。保证水资源可持续利用是保证社会和经济稳定、健康发展的一个重要前提与关键。流域治理是山区发展、水土资源保护的重要保证,是国土整治、江河治理的根本,是国民经济和社会发展的基础,是我国必须长期坚持的一项基本国策。

二、国内外流域治理研究现状

(一) 国内流域治理的发展历程

中国流域治理事业的发展与山区水土资源的保护与合理利用关系密切。在古代,中国历代劳动人民早已结合农业生产开展山区水土保持工作,创造了许多行之有效的小流域水土保持措施。商代(约公元前 17~前 11 世纪)已采用了防止坡地水土流失的区田法,此法颇似今天干旱地区农民应用的掏种法和坑田法。在西汉时代(公元前 206~前 25 年)我国山区已出现梯田雏形。陕西省耀县赵老峪的引洪水淤灌始于秦始皇时期。为了利用流域泥沙资源,黄土高原农民从明代起即开始在小流域打坝淤地,减少黄河泥沙。在小流域水土保持造林种草方面,中国也有悠久的历史。早在西周(公元前 11~前 7 世纪)已采用封山育林方法在山区恢复植被、保持水土。东汉时期(公元 25~220 年),我国人民已十分重视荒山造林,防止水土流失。在总结我国古代人民水土保持实践经验的基础上,历代有不少学者和官吏提出许多重要的山区水土保持理论。公元前 956 年,西周《尚书·吕刑》一书中就有“平治水土”的记载。东汉王充在他著的《论衡》一书中明确指出:“地性生草(指农作物及牧草),山性生木”,总结了小流域合理利用土地的经验。此外,南宋魏岷的“森林抑流固沙”理论、明代周用“使天下人人治田,则人人治河”的思想、明朝万历年间(1573~1620 年)著名水利专家徐贞明提出的“治水先治源(即小流域)”的理论等,至今对流域治理工作都具有指导意义。但是,由于长期封建统治和小农经济的束缚,水土保持工作进展缓慢。1840 年鸦片战争失败后,中国沦为半封建半殖民地社会,政府腐败无能,到处破坏山林,加剧了水土流失。在内忧外患日益严重的情况下,一些知识分子接受了西方现代科学的影响,开始从事小流域水土保持科学实验工作,如北京林学院林学系师生到山西省五台山等地调查并设小区观测小流域森林植被的保持水土作用。20 世纪 30 年代,许多土壤学家对全国各地山区的土壤侵蚀现象及其防治方法进行了调查研究。1939 年以后,四川省内江甘蔗试验场在小流域坡地上设小区观测耕作方法对水土流失量及作物产量的影响。1940 年黄河治理委员会的一些科技人员针对治黄工作,提出了防治小流域泥沙问题,并成立了一个林垦设计委员会,开展山区水土保持造林工作,以森林防止山区水土流失、保护农田、涵养水源、改善水利条件。同年 8 月林垦设计委员会改名为水土保持委员会。1941 年到中华人民共和国成立之前,有关部门曾先后在甘肃天水、陕西长安、福建河田等地建立水土保持实验区,在甘肃平凉、清水等地设立林草种苗繁殖场,有的农林科研单位设

置了水土保持系。这些水土保持机构曾引种国内外优良的水土保持树种及草种，并对山区水土流失规律、水土保持措施及其效益进行了研究，取得了一些成果。但是，由于当时的政府对水土保持科研成果不重视，所以收效甚微。

中华人民共和国成立后，党和政府对水土保持工作十分重视。1952年政务院发出《关于发动群众继续开展防旱、抗旱运动并大力推行水土保持工作的指示》；1956年成立了国务院水土保持委员会；1957年国务院发布了《中华人民共和国水土保持暂行纲要》；1964年国务院作出了《关于黄河中游地区水土保持工作的决定》；1982年6月30日，国务院批准发布了《水土保持工作条例》。1991年6月29日，第七届全国人大常委会第二十次会议一致通过了《中华人民共和国水土保持法》，这使我国的流域治理工作逐步走上法制化、规范化、科学化的轨道。

在科学研究方面，1951年，黄河水利委员会组织了黄河流域勘察队，对全流域进行全面科学调查，并且把黄河中游的水土流失作为调查的重点项目。1955~1958年，中国科学院成立了黄河中游水土保持考察队，对黄河中游水土流失地区进行综合调查，总结了群众的流域治理经验，编制了《黄河中游黄土高原自然、农业、经济和水土保持土地合理利用区划》。此外，水利与农林等部门还在海河、淮河、长江等流域进行了类似的调查工作。与此同时，国家在水土流失比较严重的地区相继建立了一批科研单位。《全国水土保持科学技术发展规划》于1956年和1963年进行两次修订，并被列为全国农业科学技术发展规划的重要项目之一。全国各水土保持实验站、所和有关高等院校及生产部门，根据国家的科研规划，对水土流失地区的水土资源合理利用、水土流失规律、水土保持措施及其效益等课题，进行了定位实验和专题研究。这些实验研究工作，在我国不同土壤侵蚀类型区坡面及小流域的产沙规律、水土保持工程水力施工技术（包括水坠筑坝、水枪冲土）、机修梯田、引洪漫地、滑坡与泥石流防治、飞播造林、防护林体系营造技术及其效益、小流域土地资源信息库技术在水土保持规划中的应用、流域治理信息系统以及小流域综合治理的生态经济效益评价等方面，都取得了重要成果。我国山区水土保持科学实验的成果是我国流域治理学科发展的重要基础。从1985年起，我国水土保持科技人员有了自己的学术组织——中国水土保持学会。中国水土保持学会设立了小流域治理专业委员会。1988年起中国林学会又设立了森林水文及流域治理分会。至此，我国流域治理工作进入了一个全面持续健康发展的新阶段，以流域为单元的综合治理与开发在全国各地蓬勃展开。

1998年，国家计划委员会（现为国家发展和改革委员会）根据“中国21世纪议程”与国务院指示的精神，编制了1999~2050年全国生态环境建设规划。流域治理被列为该规划的重要组成部分，使我国的流域治理事业更紧密地与全国生态建设及可持续发展相结合。1998年11月国务院向全国发布了《全国生态环境建设规划》（以下简称《规划》）。《规划》要求“用大约50年左右的时间，动员和组织全国人民，依靠科学技术，加强对现有天然林及野生动植物资源的保护，大力开展植树种草，治理水土流失，防治荒漠化，建设生态农业，改善生产和生活条件，加强综合治理力度，完成一批对改善全国生态环境有重要影响的工程，扭转生态环境恶化的势头。”《规划》还明确指出，小流域综合治理与开发是山区（大江大河中上游）生态环境建设的主攻方向。

(二) 国外流域治理的发展历程

1. 原苏联

原苏联流域治理事业与土壤侵蚀学科的发展紧密相连。18 世纪, 俄国有学者提出了山区土壤改良的具体措施。19 世纪末期, 俄国学者提出了许多防止土壤侵蚀及干旱的措施, 包括波式梯田等。20 世纪初, 苏联在奥尔诺夫斯克州成立了第一个山区土壤保持实验站——诺沃西里实验站, 这也是世界上第一个山区土壤保持实验站, 随后一些土壤侵蚀的专著也相继出版。20 世纪 30 年代末, 道库恰也夫土壤研究所土壤保持研究室曾在山区水土保持方面进行了大量的研究工作, 对水土流失综合治理科学做出了重要贡献。在这个时期, 苏联的流域治理紧密地与山地土壤改良相结合。20 世纪 70 年代初, 苏联政府要求农业部、水利部、苏联农科院、教育部、苏联科学院、各共和国部长“高度关心水土保持、防护林工程的科学研究工作, 采取措施从根本上改善研究工作条件, 关心水土保持措施的推广与应用, 加强水土保持干部的培养及实验室建设”, 并且确定全苏农业科学院作为流域治理科研协作的负责单位。70 年代末, 200 多个科研单位联合承担了全国不同自然区的土壤侵蚀规律及流域综合治理措施体系的研究工作。

2. 欧洲

在欧洲, 流域治理工作与防治山洪、泥石流、滑坡等自然灾害联系在一起, 亦称为荒溪治理或森林流域治理。欧洲文艺复兴以后, 围绕因滥伐山地森林而引起的山地荒废问题, 欧洲阿尔卑斯山区各国开展了以恢复森林为中心的森林恢复工程。奥地利在 15 世纪就出现了以防治山洪为目的地拦沙坝。1884 年, 奥地利制定了世界上第一部《荒溪治理法》, 总结出一套综合的防治土壤侵蚀的森林-工程措施体系。1950 年, 联合国粮农组织欧洲林业委员会 (COFO) 为了加强山地流域治理的管理工作与国际协作, 成立了山区流域管理工作组 (Working Party on Mountain Watershed Management)。1952 年该工作组在法国召开了第一次会议。该工作组定期进行论文交流, 主要讨论山区流域山洪、泥石流及滑坡的治理技术。根据 1970 年在德国开会确定的长远工作计划, 1972 年挪威会议决定由山区流域管理工作组成立一个专门委员会, 并由该委员会负责编写《雪崩防治手册》及《荒溪流域治理名词解》(这两本书已于 1980 年出版)。欧洲山区流域管理工作组自 1978 年第 11 次会议以来与国际林业科学研究组织联盟 (IUFRO) 关系日益密切, 二者建立了永久性的合作关系, 并在奥地利林科院定期出版山区流域治理方面的论文集。此外, 在本次会议中, 联合国粮农组织林业委员会赞同欧洲林业委员会的建议, 即把欧洲山区流域管理工作组“扩大化”, 把山区流域管理工作组的成员国扩大到发展中国家, 并且要求联合国粮农组织 (FAO) 秘书处将该工作组转变成 FAO 欧洲林业委员会的一个下属机构。由于欧洲阿尔卑斯山区各国山地森林覆盖率较高, 植被好, 土地利用形式主要是牧业, 土壤面蚀作用较轻微, 而山洪、泥石流、滑坡的侵蚀作用强烈, 危害大。政府每年拨款资助有山洪、泥石流发生危险的流域开展综合治理工作。尽管欧洲各国经济发达, 可以有较多的资金投入山区流域治理, 但

与目前的需要相比，仍感不足。

3. 美国

美国自 19 世纪 50 年代起，有些农民已经使用工程措施防治山区耕地的水土流失危害。1915 年，美国林业局在犹他州布设了美国第一个定量的水土流失观测小区。1923 年美国第一次出版了野外小区水土流失观测成果。美国著名的水土保持学者土壤保持局第一任局长贝内特（Bennett）在此基础上于 1928~1933 年建立起 10 个田间水土保持实验区。1933~1943 年，上述 10 个实验区扩大为 44 个实验区网，进行包括工程措施的水土保持效益观测及小流域径流的观测。1954 年美国设立了专项课题研究侵蚀作用机理，使用现代化的方法对大量的野外观测资料进行分析。美国的流域治理措施分为坡面治理措施与沟壑治理措施两大类。美国从中央到地方有一套完整实施流域治理的机构，而且有专门的经费渠道。由于美国拥有相当数额的流域治理经费，所以国家可以通过国会每隔几年列一专项，进行相关流域治理。1944 年修正的《防洪法》，规定了对美国 11 个大流域进行防洪、侵蚀及泥沙控制规划，并由美国农业部的两个局——土壤保持局及林业局执行。全美国 50 个州都设有州土壤保持局，州下设地区土壤保持局，地区下有基层水土保持员，且都属美国土壤保持局的编制。美国水土保持机构除了上述全国性自上而下的政府系统机构外，还有全国性自下而上的民间组织，即全国水土保持协会、州水土保持协会、地区水土保持协会。水土保持协会虽然是民间组织，但对流域治理项目实施同样起着关键性作用。

4. 日本

在日本，流域治理的目的是控制山地侵蚀、防止山区流域荒废和发生泥沙灾害。流域治理措施包括山坡工程、溪流工程、滑坡防治工程等。日本的流域治理主要是作为社会公益事业而实施的，农林部（林野厅）和建设部负责主持流域治理工作。农林部系统进行的流域治理工作，其依据是明治三十年（1897）制定的《森林法》及昭和二十六年（1951）修订的《森林法》。建设部系统的流域治理工作的依据是昭和三十八年（1963）制定的《滑坡等防御法》。日本于和铜三年（710）为了治山制定了限制森林采伐事项并载入《续日本纪》上。元禄二年（1689），大和（柳泽）、甲贺（藤堂）、淀（稻叶）、三藩设置了沙防机构，在京都、大阪的四町等地大力发展了沙防工程。当时采用的主要措施有：鱼鳞坑、谷坊、砌石墙、挡土墙、编柳谷坊、山地工程造林及种草、骨筋细草工程、骨筋树梢工程等。1868 年明治维新之后流域治理技术开始向现代化迈进。明治六年（1873），荷兰土木工程师贷里捷克（Rijcke）来日，日本开始学习采用西欧的流域治理工程措施，并在他的指导下确定了贷里捷克工程法，建造的砌石拱式拦沙坝至今还保留在滋贺县林津川。明治三十年（1897），《森林法》与《防沙法》同时制定，成为日本近代流域治理事业发展的法律依据，一直延续到今天。第二次世界大战期间，日本因资金不足，几乎未进行流域治理工作。战后，技术革新的浪潮波及到流域治理领域，从 1948 年又开始流域治理事业，并在流域治理工程中推行了新的方法及材料。

5. 发展中国家

从 20 世纪 50 年代起,各发展中国家的流域治理事业已发展成在联合国粮农组织林业委员会领导下的国际任务,而且流域治理工作不再局限在农耕地上,而是以山区流域为单元进行流域内水土资源的保护、改良与合理利用,建立生态经济效益优化的土地利用模式。鉴于发展中国家人口密度大、增长快、经济不发达,联合国粮农组织利用一些发达国家捐献的资金,对一些发展中国家进行了援助,包括尼泊尔流域综合管理、山洪防治及土地开发计划 (NEP/74/020),以及伊朗流域治理计划 (IRA/72/014) 等。此外,还有一些地区性的流域治理计划,如泰国的项目 MaeSa 地区 (Chiang Mai 省) 流域综合管理与森林土地的利用 (THA/72/008~THA/76/001)。为了搞好流域治理工作,泰国林业部还成立了流域治理局。又如印度尼西亚在梭罗河上游 7 个支流的流域治理规划 (INS/72/006) 及摩洛哥的项目 (MOR/71/536)。在智利的林业发展项目中 (CHI/66/526),包括了 5 个流域治理规划。厄瓜多尔制定了 Poza Honda 流域的管理规划项目,该项目包括在林业发展规划中 (ECU/71/527)。伊拉克的林业发展规划项目中也列入了重点流域的管理项目 (IRQ/73/010~IRQ/76/002)。另外,海地建立了一所流域治理技术学校。截至 1990 年,联合国粮农组织已在 11 个国家派出了 25 位专家及 8 位助理专家从事流域治理方面的工作。这些流域治理项目,除了粮农组织、林业部外,还有农业部和与利用土地资源有关的部门 (如水土保持局) 参加。在许多国家的世界粮食计划署的项目中,也有流域治理项目,如巴基斯坦、索马里、伊拉克、摩洛哥、海地、萨尔瓦多、埃塞俄比亚、阿尔及利亚、约旦、越南、印度尼西亚以及中国等。为了提高农业生产效率,联合国粮农组织森林资源司编写了《水土保持指南》丛书,其中 4 本已出版。在 35 本《土壤论文集》中,有 10 本是关于土地鉴定及流域治理的。森林资源司还出版了 1 套直观的用于流域治理人才培训的教材。联合国粮农组织还建立了地区性 (如亚太地区) 流域治理培训中心。

(三) 国内外流域治理存在的问题与对策

当前世界各国流域治理面临的主要问题与对策有以下几方面。

1. 水资源短缺

针对此问题,通常采用的对策和技术措施主要有:①水库蓄水及引水,维护流域植被,减少入库泥沙;②利用雨水,发展集雨利用技术;③控制植物用水,浅根树种代替深根树种;④减少蒸发,针叶树种代替阔叶树种;⑤人工降水,用植被减少土壤侵蚀;⑥海水处理利用;⑦利用深层地下水,管理地下水补给区。

2. 洪水灾害

针对此问题,通常采用的对策和技术措施主要有:①水库调洪,减少泥沙淤积水库,维护流域植被;②修筑堤防,减少泥沙进入下游河道;③河网化,减少洪泛区的人类生产活动;④洪泛平原管理,减少河网中的泥沙淤积;⑤水土流失地区造林种草,选