



居民研讨会（2004. 9. 27, 28）  
地点：新村镇



居民研讨会（2004. 10. 11）  
地点：三家村



居民研讨会（2004. 10. 12）  
地点：播卡乡（豆腐沟流域）



雨量計の設置と観測指導（乌龙郷）



推移质取样情景（小江口格勒桥）



制作的推移质取样器



设置的水位表  
小江桥—小江水文站



设置的水位表  
小江口格勒桥



小江水文站（平常）



小江水文站（洪水发生时）



冲沟  
补味下游老村子附近



冲沟发育形成崩塌  
乌龙乡老村子与石头地之间

	
<p>冲积锥（花沟）</p>	<p>滑坡与泥石流台地（沙湾大沟）</p>
	
<p>滑坡地形、滑坡体与崩塌 （桃家小河流域）</p>	<p>东川城区（照片中间）与小江（照片下方）</p>
	
<p>小江与金沙江（8月） 小江口上游4公里左右</p>	<p>河滩地开发为水田（5月） 乌龙河</p>

	
<p>金沙江与小江的汇流点（5月） 西瓜田</p>	<p>金沙江与小江的汇流点（10月）</p>
	
<p>悬河化（阿旺乡附近） 河床高于农田</p>	<p>小白泥沟、大白泥沟汇流点</p>
	
<p>小江上游功山镇石板桥附近</p>	<p>块河上游</p>

最终报告书 基本规划  
目录

最终报告书资料清单  
调查规划区域位置图  
小江基本规划图  
地质图  
照 片

页

<b>第1章 前言 .....</b>	<b>1-1</b>
1.1 调查规划的背景 .....	1-1
1.2 调查目的 .....	1-1
1.3 调查的高级目标 .....	1-1
1.4 调查对象区域 .....	1-1
1.5 调查进展计划以及本报书的内容 .....	1-2
<b>第2章 小江流域的现状 .....</b>	<b>2-1</b>
2.1 社会经济 .....	2-1
2.1.1 行政机构 .....	2-1
2.1.2 人口和民族 .....	2-1
2.1.3 地方经济 .....	2-2
2.1.4 公共设施建设情况 .....	2-2
2.1.5 贫困问题 .....	2-3
2.2 地形、地质和土壤 .....	2-5
2.2.1 地形 .....	2-5
2.2.2 地质 .....	2-6
2.2.3 地震 .....	2-6
2.2.4 土壤 .....	2-7
2.3 气象、水文、河流 .....	2-9
2.3.1 气象、气候 .....	2-9
2.3.2 水文 .....	2-10
2.3.3 河流 .....	2-11
2.4 土地利用 .....	2-12
2.4.1 土地利用 .....	2-12
2.4.2 森林分布 .....	2-13
2.5 洪水土砂灾害 .....	2-15
2.5.1 灾害记录 .....	2-15
2.5.2 主要特大灾害概述 .....	2-16
2.5.3 灾害特征 .....	2-17

2.6	环境.....	2-17
2.6.1	自然环境.....	2-17
2.6.2	社会环境.....	2-20
<b>第3章</b>	<b>土砂灾害治理以及自然环境修复现状 .....</b>	<b>3-1</b>
3.1	组织机构以及法律法规 .....	3-1
3.1.1	相关法律法规 .....	3-1
3.1.2	组织机构.....	3-1
3.2	工程治理.....	3-3
3.2.1	工程治理.....	3-3
3.2.2	造林 .....	3-6
3.3	非工程治理.....	3-7
3.3.1	防灾避灾体制 .....	3-7
3.3.2	居民搬迁.....	3-9
3.3.3	流域、河道管理.....	3-10
3.3.4	泥石流观测研究.....	3-12
<b>第4章</b>	<b>基本情况分析 .....</b>	<b>4-1</b>
4.1	水文水理分析 .....	4-1
4.1.1	水文观测.....	4-1
4.1.2	降雨分析.....	4-1
4.1.3	径流分析.....	4-3
4.1.4	河道过流能力 .....	4-5
4.2	根据地形图、航片和卫片解读进行地形分析.....	4-6
4.2.1	谷次数区分 .....	4-6
4.2.2	小流域主河道的纵坡比降.....	4-7
4.2.3	地形分类.....	4-7
4.2.4	崩塌地形的推移和河道变动情况.....	4-7
4.2.5	地被情况.....	4-8
4.2.6	海拔划分.....	4-9
4.2.7	坡度划分.....	4-9
4.2.8	灾害图 .....	4-10
4.3	土砂分析 .....	4-11
4.3.1	实际的土砂收支研究 .....	4-11
4.3.2	河床变动分析 .....	4-17
4.4	社会调查.....	4-19
4.4.1	居民意识调查 .....	4-19
4.4.2	居民研讨会 .....	4-20
<b>第5章</b>	<b>基本规划编制方针 .....</b>	<b>5-1</b>
5.1	土砂灾害治理及自然环境修复规划编制的必要性 .....	5-1
5.1.1	小江流域土砂灾害和自然环境恶化的恶性循环.....	5-1

5.1.2	小江流域在长江流域以及云南省的重要性.....	5-3
5.1.3	基本规划的必要性.....	5-4
5.2	规划编制的基本条件.....	5-4
5.2.1	上级部门的规划.....	5-4
5.2.2	相关规划.....	5-6
5.2.3	基本规划的规划目标年度和开发水平.....	5-7
5.3	基本规划的概念.....	5-8
5.3.1	土砂灾害治理以及自然环境修复所涉及的限度和限制.....	5-8
5.3.2	基本规划的概念与目标.....	5-9
5.4	分阶段编制工程治理的基本规划.....	5-11
5.4.1	支流流域的研究与全流域.....	5-11
5.4.2	阶段性工程治理基本规划的编制流程.....	5-11
5.4.3	小流域详情表.....	5-11
5.4.4	选定典型小流域.....	5-12
5.4.5	工程治理的两个角度(泥石流治理和流域水土保持).....	5-13
<b>第6章</b>	<b>典型流域工程治理方案研究.....</b>	<b>6-1</b>
6.1	泥石流工程治理研究.....	6-1
6.1.1	控制泥沙量.....	6-1
6.1.2	工程配置备选方案研究.....	6-4
6.1.3	备选方案的初步设计和费用概算.....	6-7
6.1.4	效益计算.....	6-8
6.1.5	确定最佳方案.....	6-10
6.2	流域水土保持工程治理研究.....	6-11
6.2.1	流域水土保持规划的编制程序与可采用的工程方案.....	6-11
6.2.2	典型流域控制土砂生产治理方面的规划.....	6-12
<b>第7章</b>	<b>小江流域基本规划编制.....</b>	<b>7-1</b>
7.1	泥石流治理和流域水土保持治理从典型流域向小江全流域扩展.....	7-1
7.1.1	泥石流治理.....	7-1
7.1.2	流域水土保持.....	7-1
7.2	小江河道治理规划.....	7-3
7.2.1	河床持续抬升和改道的必要性.....	7-3
7.2.2	河道治理规划的基本方针.....	7-4
7.2.3	灾害损失预测计算.....	7-5
7.2.4	规划方案.....	7-7
7.3	非工程措施.....	7-9
7.3.1	设立小江工程管理局(暂定名称).....	7-9
7.3.2	利用局域雷达雨量表的预警预报系统.....	7-10
7.3.3	副产物开发利用.....	7-13
7.3.4	居民参与的必要性.....	7-13
7.4	项目实施计划.....	7-13

7.4.1	实施进度 .....	7-13
7.4.2	投资概算 .....	7-14
7.4.3	项目实施体制 .....	7-16
7.5	项目评价 .....	7-17
7.5.1	经济评价 .....	7-17
7.5.2	还贷能力分析 .....	7-19
7.5.3	技术评价 .....	7-21
7.5.4	初期环境评价 .....	7-22
<b>第8章</b>	<b>选择确定优先实施项目 .....</b>	<b>8-1</b>
8.1	优先实施项目方案 .....	8-1
附	表	
附	图	
会谈纪要		

## 表格目录

表R 2.1.1	小江流域的人口 .....	2-1
表R 2.1.2	流域内各县区的经济指标 .....	2-2
表R 2.1.3	大规模灌溉水渠 .....	2-3
表R 2.1.4	农民收入和财政收入 .....	2-4
表R 2.2.1	各个地质年代的地质特征 .....	2-6
表R 2.2.2	小江流域周围发生的地震一览表 .....	2-7
表R 2.2.3	东川区各海拔带的土壤与主要树种 .....	2-8
表R 2.2.4	寻甸县各海拔带的土壤与主要树种 .....	2-8
表R 2.3.1	立体气候 .....	2-9
表R 2.3.2	小江水文站的洪水洪峰流量 .....	2-11
表R 2.4.1	小江流域土地利用现状 .....	2-13
表R 2.4.2	2001 年林业用地统计表 .....	2-14
表R 2.4.3	各海拔带的森林分布情况 .....	2-15
表R 2.5.1	小江流域土砂灾害记录 .....	2-16
表R 2.5.2	小江流域的主要土砂灾害 .....	2-17
表R 2.6.1	保护动植物 .....	2-20
表R 3.1.1	土砂灾害治理以及自然环境修复相关法律法规 .....	3-1
表R 3.1.2	流域管理所涉及的主要行政部门 .....	3-2
表R 3.2.1	小江流域实施的主要工程治理项目 (1976~2000 年) .....	3-4
表R 3.2.2	现有工程设施调查结果概要 .....	3-5
表R 3.3.1	小江流域内的搬迁业绩(2001~2003 年) .....	3-10
表R 3.3.2	水土保持监督管理 .....	3-11
表R 4.1.1	水文观测地点及观测期间 .....	4-1
表R 4.1.2	最大日降雨量 .....	4-1
表R 4.1.3	各时段降雨强度 .....	4-3
表R 4.1.4	各概率年的降雨强度 .....	4-3
表R 4.1.5	再现计算结果 .....	4-4
表R 4.1.6	设计洪峰流量与造峰时间 .....	4-5
表R 4.1.7	目前河道的过流能力 .....	4-6

表R 4.2.1	小江山谷次数区分.....	4-7
表R 4.2.2	崩塌地形推移状况的分类项目 .....	4-7
表R 4.2.3	从崩塌地型推移看出的小流域荒废情况 (流域面积 5km <sup>2</sup> 以上) .....	4-8
表R 4.2.4	小流域的地被特征(流域面积 5km <sup>2</sup> 以上) .....	4-9
表R 4.2.5	小流域的海拔分布特征 (流域面积 5km <sup>2</sup> 以上) .....	4-9
表R 4.2.6	小流域的坡度特征 (流域面积 5km <sup>2</sup> 以上) .....	4-10
表R 4.2.7	灾害图分类科目 .....	4-10
表R 4.3.1	年平均崩塌土砂量.....	4-11
表R 4.3.2	滑坡性大规模崩塌的年平均土砂流出量 .....	4-12
表R 4.3.3	各种地被·各种坡度的年地表侵蚀厚度 .....	4-12
表R 4.3.4	各种地被的年平均地表侵蚀产生的土砂量 .....	4-13
表R 4.3.5	0 次山谷(包括冲沟)年平均侵蚀所产生的土砂量 .....	4-13
表R 4.3.6	年平均河床堆积土砂量 .....	4-13
表R 4.3.7	各种土砂量的单位体积重量.....	4-14
表R 4.3.8	小江流域年平均土砂生产量(换算为重量) .....	4-14
表R 4.3.9	小江流域的土砂生产—移动现象研究(换算为重量) .....	4-15
表R 4.3.10	各种土砂量中 0.01mm以下细粒部分的含量 .....	4-15
表R 4.3.11	小江流域年平均土砂生产量(0.01mm以下细粒部分) .....	4-16
表R 4.3.12	小江流域年平均土砂生产量(0.01mm以上的粗粒部分) .....	4-16
表R 4.3.13	小江流域的土砂生产—移动现象研究(0.01 mm以下细粒部分) .....	4-16
表R 4.3.14	小江流域的土砂生产—移动现象研究(0.01 mm以上粗粒部分) .....	4-17
表R 4.3.15	推移质数量验证 .....	4-17
表R 4.3.16	浮游质数量验证 .....	4-18
表R 4.3.17	2020 年的预测计算结果(小江~大白河) .....	4-18
表R 4.3.18	2020 年的预测计算结果(块河).....	4-18
表R 4.4.1	参加型研讨会实施概要 .....	4-20
表R 4.4.2	不同流域的原因比较表 .....	4-21
表R 5.1.1	云南省、长江流域与小江流域的对比.....	5-3
表R 5.1.2	屏山站泥沙观测结果 .....	5-4
表R 5.2.1	土砂灾害治理以及自然环境修复的相关目标.....	5-5
表R 5.2.2	世行项目的主要内容 .....	5-8
表R 5.3.1	确保安全方面的治理方案.....	5-10

表R 5.3.2	自然环境修复方面的治理方案.....	5-10
表R 5.4.1	小流域数量 .....	5-11
表R 5.4.2	典型小流域基本特性 .....	5-13
表R 5.4.3	泥石流治理与流域水土保持治理 .....	5-13
表R 5.4.4	泥石流治理研究对象溪流.....	5-14
表R 6.1.1	城市防洪和泥石流防治设计标准 .....	6-1
表R 6.1.2	村镇防洪设计标准.....	6-1
表R 6.1.3	典型流域的泥石流治理研究对象溪流的基准点以及规划标准.....	6-2
表R 6.1.4	典型流域的泥石流规划土砂流出量和峰值流量 .....	6-4
表R 6.1.5	备选方案所适用的治理措施.....	6-4
表R 6.1.6	典型流域泥石流治理备选方案比较.....	6-7
表R 6.1.7	各堆积厚度的泥石流泛滥区域推算.....	6-8
表R 6.1.8	典型流域泥石流治理效益合计表 .....	6-10
表R 6.1.9	典型流域泥石流治理最佳方案 .....	6-10
表R 6.2.1	可以采用的治理措施 .....	6-11
表R 6.2.2	确定荒山荒坡中的造林面积.....	6-13
表R 6.2.3	各海拔带的造林树种 .....	6-14
表R 6.2.4	混交林的树种混合比例 .....	6-14
表R 6.2.5	各种治理措施的地表侵蚀控制效果.....	6-16
表R 6.2.6	各种地被的新崩塌发生率.....	6-17
表R 6.2.7	造林对新崩塌地发生的抑制量 .....	6-17
表R 6.2.8	持续发展崩塌地的扩张性崩塌发生率.....	6-17
表R 6.2.9	治坡工程(崩塌地)的崩塌扩大抑制量.....	6-17
表R 6.2.10	通过流域水土保持治理每年的土砂生产抑制量 .....	6-18
表R 6.2.11	典型流域水土保持治理工程费汇总表.....	6-18
表R 6.2.12	流域水土保持效益计测项目和单价.....	6-20
表R 6.2.13	典型流域水土保持治理的产投分析结果 .....	6-20
表R 6.2.14	各种治理措施的内部收益率与规划面积 .....	6-20
表R 7.1.1	其他流域的泥石流治理最佳方案概要.....	7-1
表R 7.1.2	造林以及治坡工程实施面积 .....	7-2
表R 7.1.3	通过流域水土保持治理每年减少的土砂生产量.....	7-2
表R 7.1.4	流域水土保持治理对土砂堆积量和土砂流出量的控制量 .....	7-2

表R 7.1.5	小江全流域水土保持产投分析结果.....	7-3
表R 7.2.1	泛滥面积以及农田淹没面积预测.....	7-5
表R 7.2.2	受灾率.....	7-6
表R 7.2.3	洪水淹没造成的损失.....	7-6
表R 7.2.4	工程费用.....	7-8
表R 7.2.5	预期年均减灾效益(千元).....	7-8
表R 7.2.6	产投比.....	7-8
表R 7.3.1	基本规划实施机构概要.....	7-10
表R 7.3.2	局域雷达雨量计与大型雷达的对比.....	7-11
表R 7.4.1	总投资概算.....	7-15
表R 7.4.2	分年度投资统计表.....	7-15
表R 7.4.3	退耕还林补偿费年度分配统计表.....	7-16
表R 7.5.1	基本规划与优先实施项目的经济效益.....	7-17
表R 7.5.2	基本规划的经济评价分析结果.....	7-18
表R 7.5.3	基本规划的敏感性分析.....	7-18
表R 7.5.4	优先实施项目的经济评价结果.....	7-19
表R 7.5.5	优先实施项目的敏感性分析.....	7-19
表R 7.5.6	三县区以及云南省的财政状况.....	7-20
表R 7.5.7	主要开发基金.....	7-21
表R 8.1.1	计划到 2010 年完成的优先实施项目方案.....	8-1

## 插图目录

图R 1.5.1	调查进展计划 .....	1-2
图R 2.1.1	小江流域的行政机构 .....	2-1
图R 2.1.2	乡长、村长对贫困对策的愿望 .....	2-4
图R 2.3.1	2004年6月10日洪水数据以及小江水文观测点附近的照片(当天15时左右拍摄) 2-11	
图R 2.3.2	小江河床纵断面图.....	2-12
图R 3.1.1	水利厅与水务局的隶属关系.....	3-2
图R 3.3.1	土砂灾害群测群防体制和防洪体制的信息传输网络.....	3-7
图R 4.1.1	降雨的时间分布 .....	4-2
图R 4.1.2	年降雨量与海拔高度的关系.....	4-2
图R 5.1.1	小江流域土砂灾害、自然环境恶化的恶性循环.....	5-1
图R 5.3.1	小江流域综合土砂灾害对策及自然环境修复规划概念图 .....	5-9
图R 5.4.1	分阶段编制基本规划的程序.....	5-11
图R 5.4.2	小流域单位面积土砂生产量与人口密度的关系 .....	5-12
图R 6.1.1	非通过型以及通过型拦沙坝的拦蓄量.....	6-6
图R 6.2.1	在崩塌地坡面治理的治坡工程施工模式图 .....	6-15
图R 6.2.2	坡改梯示意图 .....	6-16
图R 7.2.1	悬河以及河堤倒塌概念图 .....	7-4
图R 7.2.2	流量分配图.....	7-5
图R 7.2.3	灾害损失预测 .....	7-7
图R 7.4.1	基本规划实施方案.....	7-13
图R 7.4.2	基本规划实施体制.....	7-16
图R 7.5.1	实施基本规划的资金筹集计划 .....	7-20
图R 7.5.2	各种资金来源的泥石流治理项目数量所占比例 .....	7-21

## 附表目录

表 2.2.1	东川区土壤基本理化特性 .....	T-2-1
表 2.4.1	寻甸县土地利用现状 .....	T-2-2
表 2.4.2	寻甸县有林地面积 .....	T-2-2
表 2.4.3	会泽县土地利用现状 .....	T-2-3
表 2.4.4	会泽县有林地面积 .....	T-2-3
表 2.4.5	会泽县小江流域范围内的有林地面积 .....	T-2-3
表 2.5.1(1/2)	东川区小江流域土砂灾害记录(泥石流) .....	T-2-4
表 2.5.1(2/2)	东川区小江流域土砂灾害记录(滑坡) .....	T-2-5
表 2.5.2	会泽县小江流域土砂灾害发生状况 .....	T-2-6
表 2.5.3	寻甸县小江流域滑坡泥石流灾害记录一览表 .....	T-2-7
表 2.6.1	小江流域的动植物 .....	T-2-8
表 3.2.1	小江流域砂防设施调查结果概要(拦砂坝) .....	T-3-1
表 3.2.2	小江流域砂防设施调查结果概要(排导槽等) .....	T-3-2
表 4.1.1	过流能力不足的原因 .....	T-4-1
表 4.2.1(1/2)	地形分类说明 .....	T-4-2
表 4.2.1(2/2)	地形分类说明 .....	T-4-3
表 4.2.2	地形与主要灾害 .....	T-4-4
表 4.3.1	土砂生产量统计表(换算为重量) .....	T-4-5
表 4.3.2	实际土砂收支计算(换算为重量) .....	T-4-6
表 4.3.3	土砂生产-移动过程的追踪分析(换算为重量) .....	T-4-7
表 4.3.4	土砂生产-移动过程的追踪分析 (换算为重量、0.01mm 以下的细粒部分) .....	T-4-8
表 4.3.5	土砂生产-移动过程的追踪分析 (换算为重量、0.01mm 以上的粗粒部分) .....	T-4-9
表 4.3.6	蒋家沟泥石流观测记录 .....	T-4-10
表 4.4.1	搬迁前后的效果 .....	T-4-11
表 5.4.1(1/3)	小流域详情表 .....	T-5-1
表 5.4.1(2/3)	小流域详情表 .....	T-5-2
表 5.4.1(3/3)	小流域详情表 .....	T-5-3
表 5.4.2(1/2)	泥石流治理研究溪流的基准点与保护对象 .....	T-5-4
表 5.4.2(2/2)	泥石流治理研究溪流的基准点与保护对象 .....	T-5-5

表 6.1.1	以往研究对泥石流的分类 .....	T-6-1
表 6.1.2	典型流域泥石流治理的拦沙坝(备选方案 1) .....	T-6-2
表 6.1.3	典型流域泥石流治理备选方案比较 .....	T-6-3
表 6.1.4	农田开发效益的单价设定 .....	T-6-4
表 6.1.5(1/2)	年平均减灾效益计算表 .....	T-6-5
表 6.1.5(2/2)	年平均减灾效益计算表 .....	T-6-6
表 6.1.6	典型流域的泥石流治理效益 .....	T-6-7
表 6.1.7	典型流域泥石流治理备选方案的经济评价.....	T-6-8
表 6.1.8	典型流域泥石流治理的最佳方案.....	T-6-8
表 6.2.1	造林以及治坡工程的实施面积 .....	T-6-9
表 6.2.2	造林单价表 .....	T-6-10
表 6.2.3	治坡工程单价表 .....	T-6-10
表 6.2.4	造林费用估算(典型流域) .....	T-6-11
表 6.2.5	坡改梯工程费用.....	T-6-11
表 7.1.1(1/2)	其他流域的泥石流治理备选方案经济评价 .....	T-7-1
表 7.1.1(2/2)	其他流域的泥石流治理备选方案经济评价 .....	T-7-2
表 7.1.2(1/2)	其他流域的泥石流治理最佳方案 .....	T-7-3
表 7.1.2(2/2)	其他流域的泥石流治理最佳方案 .....	T-7-4
表 7.1.3	其他流域的泥石流治理优先顺序.....	T-7-5
表 7.1.4	造林费用估算(全流域).....	T-7-6
表 7.1.5	坡改梯工程费用.....	T-7-6
表 7.2.1(1/2)	洪水灾害损失预测 .....	T-7-7
表 7.2.1(2/2)	洪水灾害损失预测 .....	T-7-8
表 7.2.2(1/3)	规划方案与工程量(5 年一遇).....	T-7-9
表 7.2.2(2/3)	规划方案与工程量(10 年一遇) .....	T-7-10
表 7.2.2(3/3)	规划方案与工程量(20 年一遇) .....	T-7-11
表 7.2.3	预期年平均减灾效益 .....	T-7-12
表 7.4.1(1/2)	泥石流治理与流域水土保持工程费统计表(分项目) .....	T-7-13
表 7.4.1(2/2)	泥石流治理与流域水土保持工程费统计表(分项目) .....	T-7-14
表 7.4.2	小江流域土砂灾害治理及自然环境修复项目年度投资 .....	T-7-15
表 7.4.3	基本规划的经济分析计算表 .....	T-7-16
表 7.4.4	优先实施项目的经济分析计算表.....	T-7-17
表 7.4.5	环境影响评价项目一览表 .....	T-7-18

## 附图目录

图 2.1.1	行政区界.....	F-2-1
图 2.3.1	东川区气象局与东川区泥防所径流试验场位置图 .....	F-2-2
图 2.3.2	河床堆积物粒度分布图 .....	F-2-3
图 2.4.1	东川区森林分布图.....	F-2-4
图 2.5.1	土砂灾害点位置图.....	F-2-5
图 2.6.1	省级、县级自然保护区位置示意图.....	F-2-6
图 3.2.1	工程设施调查结果.....	F-3-1
图 4.1.1	水文观测仪器设置位置图.....	F-4-1
图 4.1.2	推移质·浮游质—流量关系图 .....	F-4-2
图 4.1.3	相距最近的两个雨量观测站的小时降雨量比较 (新村站—东川区泥防所径流试验场) .....	F-4-3
图 4.1.4	累计雨量曲线图(运距图) .....	F-4-4
图 4.1.5	降雨强度曲线图 .....	F-4-5
图 4.1.6	径流解析使用的流域分割图.....	F-4-6
图 4.1.7	径流解析模型 .....	F-4-7
图 4.1.8	再现计算结果(1977年6月21日洪水) .....	F-4-8
图 4.1.9	各重现期雨量、流量、洪峰流量图.....	F-4-9
图 4.1.10	主河道过流能力纵断面图 .....	F-4-10
图 4.1.11	过流能力平面图 .....	F-4-11
图 4.2.1	山谷次数区分图 .....	F-4-12
图 4.2.2	小流域主沟纵坡比降图 .....	F-4-13
图 4.2.3	地形分类图.....	F-4-14
图 4.2.4	崩塌地推移·河床变动状况图 .....	F-4-15
图 4.2.5	崩塌地面积比例以及扩大/缩小比例 .....	F-4-16
图 4.2.6	地被状况图.....	F-4-17
图 4.2.7	海拔分布图.....	F-4-18
图 4.2.8	坡度分布图.....	F-4-19
图 4.2.9	灾害图 .....	F-4-20
图 4.3.1	河床变动状况图 .....	F-4-21
图 4.3.2	泥石流堆积物粒度分布图 .....	F-4-22
图 4.3.3	泥石流土砂供给源粒度分布图 .....	F-4-23

图 4.3.4(1)	河床变动计算计算结果(验证计算: 小江~大白河)	F-4-24
图 4.3.4(2)	河床变动计算计算结果(验证计算: 块河)	F-4-25
图 5.1.1	云南省水土流失现状图	F-5-1
图 5.4.1	110 个小流域的分割图	F-5-2
图 5.4.2	110 个小流域的特性	F-5-3
图 5.4.3	泥石流治理研究对象溪流及其规划基准点	F-5-4
图 6.1.1(1/4)	泥石流治理规划的拦沙坝位置图(豆腐沟流域)	F-6-1
图 6.1.1(2/4)	泥石流治理规划的拦沙坝位置图(乌龙河流域)	F-6-2
图 6.1.1(3/4)	泥石流治理规划的拦沙坝位置图(东川城区流域)	F-6-3
图 6.1.1(4/4)	泥石流治理规划的拦沙坝位置图(桃家小河流域)	F-6-4
图 7.2.1	改道概念图	F-7-1
图 7.2.2	泛滥区域图(现状)	F-7-2
图 7.2.3	河堤位置图	F-7-3
图 7.3.1	局域雷达雨量计的覆盖范围	F-7-4
图 7.3.2	利用局域雷达雨量计的预警预报系统的观测网络	F-7-5

## 第 1 章 前言

### 1.1 调查规划的背景

小江位于云南省东北部，流域面积约 3000 平方公里，流域内人口为 50 万人，最终注入长江上游金沙江。小江流域地形险峻，地质脆弱，加之长期的森林砍伐，植被稀少区域分布广泛，水土保持能力非常低。降雨时泥石流和滑坡等土砂灾害频繁发生，对村庄、农田、公路、铁路造成巨大灾害。

云南省在小江流域修建了拦沙坝和谷坊等砂防设施，为了控制水土流失也实施了造林和森林保护项目。但是综合土砂灾害治理还不充分，治理速度赶不上流域荒废、水土流失和河道堆积上升的速度。另外，小江流域既是少数民族聚居区又是国家确定的最贫困地区。在防治灾害和恢复自然环境的同时，还需要以促进地方经济发展为目的，编制副产品利用方面的项目规划。

在此背景下，中国就本项目对我国提出请求。应中方的请求，日本国际协力机构 2003 年 11 月派出了事前调查团，11 月 12 日与云南省水利厅签署并交换了实施细则。2004 年 3 月 29 日，国际协力机构向云南省派出了以松本良治为团长的调查团，开始了正式调查。

### 1.2 调查目的

- (1) 日方与中方合作开展小江流域土砂灾害治理及自然环境修复相关的基本规划制定和优先实施项目的可行性调查，编制小江流域土砂灾害治理及自然环境修复规划。
- (2) 调查期间，通过实地调查业务，日方向参与调查的中方专业技术人员传授砂防相关技术。

### 1.3 调查的高级目标

实现上述目的，预期达到的高级目标为：小江流域中长期土砂灾害得以减轻，自然环境得到改善。

### 1.4 调查对象区域

正如附件 2004 年 4 月 15 日签署的《着手报告书会谈纪要》中所记载的，本次调查的对象区域为小江全流域以及下列 4 个优先小流域。

- (1) 深沟、石羊沟所在的昆明市东川区城区（祝国寺沟包括在深沟流域内）
- (2) 乌龙河
- (3) 豆腐沟
- (4) 桃家小河

### 1.5 调查进展计划以及本报书的内容

调查进展计划如下表所示，调查将在 2004 年 3 月~2006 年 2 月实施，调查期间共计 24 个月。调查将分为两个阶段，到 2005 年 2 月为止的第一阶段进行基础调查以及编制基本规划；2005 年 5 月~2006 年 2 月的第二阶段，对优先实施项目进行可行性研究。

年度 年 月	第1年次調査												第2年次調査														
	2004年												2005年												2006年		
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
实地调查 (中国)	第1次实地调查												第2次实地调查														
国内作业 (日本)	国内准备 □												第1次国内作业 □												第2次国内作业 □		
调查内容	基础调查与基本规划												优先实施项目可行性调查														
报告书	着手报告书 ★															实地报告书 ★		中间报告书 ★		最终报告书草案			最终报告书 ★		★		
技术交流研讨会																											

图 R 1.5.1 调查进展计划

最终报告书的基本规划部分主要汇总了第一阶段的基础调查结果以及编制的基本规划；第二阶段的优先实施项目可行性研究调查结果将在最终报告书的可行性研究报告部分中汇总。

## 第 2 章 小江流域的现状

### 2.1 社会经济

#### 2.1.1 行政机构

小江流域 3,058 平方公里的流域范围内分布着昆明市的东川区、寻甸县以及曲靖市的会泽县。其中属于东川区的面积为 1,462 平方公里，占流域总面积的 48%；属于寻甸县的面积为 1,002 平方公里，占全流域面积的 33%；属于会泽县的面积为 594 平方公里，占全流域面积的 19%。寻甸县的正式名称为寻甸回族彝族自治县，因回族和彝族等少数民族人口较多，属于民族自治区域。

东川区和寻甸县所在的昆明市以及会泽县所在的曲靖市都是云南省的省辖市。县（区）又划分为若干个乡镇，镇是城市化相对发展的区域，而乡是农业人口比例较高的区域。乡镇下面又有村民委员会，村民委员会下面又分为村民小组（自然村）。

图 2.1.1 既可以体现小江流域的行政机构的构成情况又能体现将小江流域以乡镇为单位划分后的状况。（东川区 2005 年 6 月 15 日进行了乡镇合并，原有乡镇合并为 7 镇 1 乡。下图为合并前的乡镇设置情况。



图 R 2.1.1 小江流域的行政机构

#### 2.1.2 人口和民族

##### 1) 人口

根据 2002 年的统计数据，东川区、会泽县和寻甸县的人口分别为 302,072 人、8965,558 人和 501,000 人。根据过去的人口推移情况，预测 2020 年人口增长率分别为 5.5%、11.1%和 13.7%（年平均增长率分别为 3%、6%和 7%）。

根据上述人口统计数据和从 2004 年拍摄的 SPOT 卫星照片解读出来的房屋数量，估计 2002 年小江流域的人口约为 471,000 人，乘以各区县的人口增长率，预测 2020 年流域内人口为 511,000 人，年平均人口增长率为 5%。

表 R 2.1.1 小江流域的人口

区县	2002 年流域内人口 (人)	预测增长率* (%)	2020 年流域内人口 (人)
东川区	264,715	5.5 (0.3)	279,281
会泽县	94,780	11.1 (0.6)	105,229
寻甸县	111,501	13.7 (0.7)	126,777
合计	470,996	8.6 (0.5)	511,357

\*: ( ) 内的数值为年平均人口增长率

## 2) 民族

云南省居住着彝族、白族、哈尼族、壮族等 25 个少数民族，是少数民族最多的省份。全省总人口 4333 万人，其中少数民族人口 1386 万人，占总人口的 33.4%。

少数民族人口所占的比例，东川区 6.5%、寻甸县 21.7%、会泽县 5.0%。小江流域的少数民族人口比例低于云南省平均水平，但寻甸县少数民族人口比例明显较高，平。少数民族中，东川区彝族较多，会泽县和寻甸县回族较多。寻甸县的正式名称为寻甸回族彝族自治县，属于民族自治区域。

### 2.1.3 地方经济

云南省是内陆省份，经济发展远远落后于沿海地区。小江流域受山区地形条件、滑坡和泥石流以及干旱等自然灾害、基础设施不完善等条件的影响，又是云南省的经济落后的贫困地区。云南省、昆明市和小江流域各县区 2002 年度的主要经济指标如下。

表 R 2.1.2 流域内各县区的经济指标

地 区	人口 (万人)	农业人口 (万人)	非农业人口 (万人)	农业人 口比例 (%)	国内生产总值		产业结构 (以金额为基础)		
					总额 (万元)	人均GDP (元/人)	第一产业 (%)	第二产业 (%)	第三产业 (%)
云南省	4333.1	3636.3	696.8	83.9	22,323,200	5,152	21.1	42.6	36.3
昆明市	494.8	294.3	200.5	59.5	7,300,813	14,755	7.7	46.1	46.2
东川区	30.20	23.20	7.00	76.8	74,568	2,469	19.1	47.8	33.1
寻甸县	50.1	47	3.1	93.8	108,800	2,172	42.4	13.5	44.0
曲靖市	556.1	487.7	68.4	87.7	2,543,962	4,575	22.7	49.4	27.9
会泽县	89.7	82.9	6.8	92.4	317,207	3,536	14.5	70.7	14.7

数据来源：《昆明统计年鉴—2003》、《云南统计年鉴 2003》

从人均国内生产总值来看，小江流域内的东川区、寻甸县和会泽县远低于云南省平均水平，说明经济发展落后于其他地区。

东川区自古以来盛行铜矿开采，矿业为主要产业。但近年铜矿资源枯竭，农业成为主要产业。农业人口占总人口的 77%，各乡镇的农业人口比例高达 95%。但险峻的地形条件，加之滑坡、泥石流、干旱等自然灾害频繁发生，农业生产条件极为恶劣。农业人口人均耕地面积仅有 0.9 亩（1 亩=667 m<sup>2</sup>）。水田仅占耕地总面积的 17.7%，八成以上是产量较低的旱地，人均生产总值只有 548 元/年（2002 年度的数据，引自《昆明统计年鉴—2003》）。

### 2.1.4 公共设施建设情况

#### 1) 公路和铁路

随着矿山开发，小江流域的现代公路建设早在 1953 年就已开始，但目前很多路段仍然是砂土路面，道路交通设施薄弱。嵩待高速公路开通后，从昆明到新村仅需两个半小时，道路建设快速发展。沿大白河、小江、金沙江在建中的全长 95.5 公里的 2 级公路（计划龙潭—东川段 2005 年建成、东川—巧家段 2007 年建成）建成后从新村到昆明仅需两小时，从小江口到昆明也只需三小时左右。

在苏联援助下 1968 年建成的东川支线铁路，从新村开始沿大白河南下，在塘子与贵昆线接轨，是一条全长 96.6 公里的单线铁路。据《东川市志》记载，从建设开始至

今 300 多次遭受土砂和洪水灾害，经济损失高达几千万元。为了躲避支沟泥石流和泥石流堵断大白河引起的洪水泛滥，1992 年，9 公里的路线由地势较低的河谷改走地势较高的半山腰，目前还有一些路段地势较低。过去也运行过客车，但由于泥石流灾害以及公路交通的发展，现在只有货运，运输量仅占东川区运输量的 5%。

## 2) 供电和通信

小江流域的电力供应主要依靠云南大电网，也有一些小型水电站。200KW 以上的发电站主要有黑水河上的姑海电站（2500KW）、团结渠上的桃树沟电站（2600KW）。城区的电力供应可以满足，但农村的通电普及率只有 67.7%（1990 年的数据、出自《东川市志》），会泽县的农村通电普及率为 93.1%（2000 年的数据、出自《云南省会泽县水利水电志》），寻甸县的农村通电普及率为 83.3%（1989 年的数据、出自《寻甸县水电志》），山区还有一些地方没有通电。

通信方面的发展也涉及到小江流域。根据《东川年鉴 2001》记载，到 2000 年底东川区村民委员会全部通电话。1999 年底，东川区固定电话普及率达 8.19 台/100 人，市区达到 26.82 台/100 人。移动通信的普及也非常瞩目，到 2000 年底移动电话用户达到 10,372 户，通过 8 座中国移动通信基站覆盖了除法者乡、舍块乡和因民镇之外的所有地区。目前还在以新村镇和因民镇为中心推广普及移动市话小灵通（PAS 业务）。

## 3) 灌溉、城市供排水和农村人畜饮水

建国后小江流域建设了许多大大小小的灌溉工程，下表列出了东川区灌溉面积 100 公顷以上的灌溉水渠，其中规模最大的是团结渠，这些灌溉沟渠与公路和铁路同样，多次遭受土砂灾害的破坏。

表 R 2.1.3 大规模灌溉水渠

区县	灌溉水渠	涉及的乡镇	长度 (km)	主要水源	取水量 (m <sup>3</sup> /s)	灌溉面积 (ha)	建成日期
东川区	团结渠	姑海乡、新村镇、碧谷镇	34.3	大白河 (小江)	4	1,400	1974
	新乐水沟	法者乡、乌龙乡	9.2	小清河	1	363.7	1965
	背冲水沟	绿茂乡	9.5	小江	1	233.3	1972
	旱谷地水沟	新田乡、乌龙乡	9	乌龙河	0.3	166.71	1954
	新坪水沟	法者乡	25	小清河	0.7	366.6	1973

东川城区城市供水的主要水源是深沟河两侧的山泉，通过 3 座水厂和 1 座 300 立方米的调节池，采用重力流方式为城区 7.5 万人日供水 16,000m<sup>3</sup>。水厂供应的自来水水质达到国家饮用水水质标准。但污水未经任何处理，通过明沟和暗渠直接排入大白河。

在农村，通过管道或水沟从附近的河谷和山泉引水、以及建设水窖等方法解决人畜饮水和灌溉用水。据《东川区水利志》记载，到 1990 年底东川区人畜饮水问题基本解决，1990 年受到国家水利部的表彰。

### 2.1.5 贫困问题

表 R2.1.4 列举了云南省、昆明市、曲靖市和小江流域 3 县区的农民平均年收入和行政机关人均财政收入。各县区的农民平均年收入和财政收入均大幅度低于云南省、昆明市和曲靖市平均水平。特别是东川区的农民平均年收入只有昆明市的一半，财政收入只有昆明市平均水平的 12%。另外，三县区的农民平均年收入只有 1000 元多一点，2003

年中国政府确定的绝对贫困标准 637 元和相对贫困（低收入群体）标准 882 元相当接近，由此可知流域整体的贫困人口比例较高。根据 2004 年 6 月调查团针对乡长和村委会主任实施的问卷调查的结果（图 R2.1.2 显示，贫困的主要原因有：险峻的地形条件下土石灾害频繁发生、高产农田短缺、干旱和水源不足、交通不便等。

表 R 2.1.4 农民收入和财政收入

项 目	云南省	昆明市			曲靖市	
		全市平均	东川区	寻甸县	全市平均	会泽县
农民年收入（元/人/年）	1,609	2,441	1,143	1,382	1,600	1,119
财政收入（元/人/年）	480	1,114	134	144	332	277

出自：云南省统计年鉴 2003 年

注）在云南省 1000 元大约可以购买：大米 330 kg、猪肉 80 kg、鸡蛋 125 kg

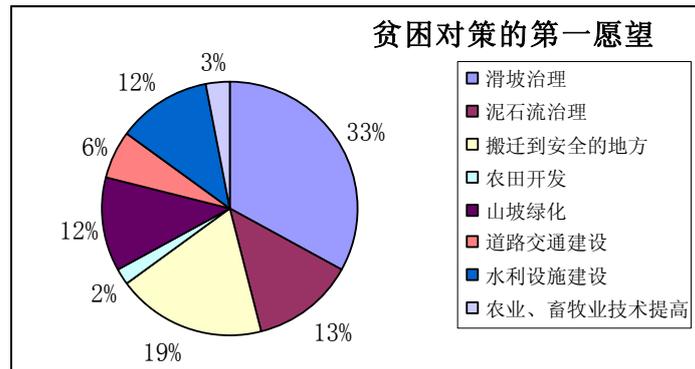


图 R 2.1.2 乡长、村长对贫困对策的愿望

## 2.2 地形、地质和土壤

### 2.2.1 地形

小江源于云南省东北部的鱼味后山（海拔 2975 米），沿南北走向的小江断裂带向北流入长江上游的金沙江，流域面积 3058 平方公里，河道长 132.8 公里。流域南北长度约 110 公里，东西最大宽度为 45 公里。

上游四周为 3000 米以下的分水岭；中游东西两侧分水岭，海拔 4000 米的山峰相连；下游分水岭在 3000 米以下，一直延伸到金沙江。流域内最高峰位于中游西侧分水岭——拱王山脉的火石梁子（又称雪岭），海拔 4344 米；小江和金沙江汇合点的海拔最低，只有 695 米，因此有些支流的高差达 3000 米以上。特别是中下游地形起伏大、高差大的支流众多，因断层作用，在岩石支离破碎和岩石分化发育的坡面上，滑坡、崩塌和冲沟侵蚀发育，泥石流活动强烈。

小江流域的地形具有下述特征：

- (1) 地形受地质结构的强烈影响。由南向北流动的小江沿小江断裂带、大白河沿大白河断裂带、乌龙河和块河沿乌龙河断裂带形成适从型沟谷。东北—西南走向和东西走向的支流多，支流的发育方向与地质构造方向基本一致，因此小江、大白河、块河（右岸）的支流与主河的汇流角度不和谐。
- (2) 中更新世形成的准平原夷平面间歇性强烈隆起，形成山顶、山腰缓坡、侵蚀小起伏面等 5 级剥蚀面。这些剥蚀面在小江流域随处可见，块河上游还分布有面积较大的平坦面，部分平坦面还具有喀斯特台地的特征。
- (3) 大型滑坡地形分布广泛。大白河中下游、块河中下游、小江及其支流中下游，滑坡地形几乎连续分布。特别是桃家小河—蒋家沟附近的主河右岸，海拔 2500~3000 米以下的山脊和山坡上滑坡地形连续分布。
- (4) 有新裂缝和陡坎的滑坡地形的集中分布区域，同时又是大规模崩塌的集中分布区域。块河中游的沙湾大沟、大白河左岸的大白泥沟和小白泥沟、小江支流中的蒋家沟、尖山沟、排子地沟、太平沟、豆腐沟等就属于这一类型。
- (5) 特别是蒋家沟、大白泥沟、小白泥沟、沙湾大沟的不稳定滑坡地形多，以滑坡前端的陡坡为中心，分布了大量的大规模崩塌地形。
- (6) 山顶与山腰的缓坡、起伏较小的侵蚀台地以及滑坡体内部的缓坡边缘形成变迁线，沟底和两岸缓坡之间的过度部分大多是陡坡。最新侵蚀所涉及到的沟谷两岸山坡极为陡峭，沟谷两岸山坡上部多处有变迁线出现。沟谷两岸坡面上除了大量的崩塌之外，冲沟也极为发育。
- (7) 沿断层分布的岩石破碎区域、以前发生的滑坡导致的地质结构破碎区域、分化作用长期持续的侵蚀台地、山顶和山腰缓坡等区域大多形成厚厚的分化层。
- (8) 小江流域的新村盆地、乌龙、金源、功山、娜姑和盐水等盆地，都是沿断层形成的断陷盆地。盆地内第三纪晚期到第四纪沉积物堆积厚度大，形成广阔的堆积平面。
- (9) 高差较大的河岸阶地仅在小江最下游左岸、尖山沟、阿旺小河、新村盆地、乌龙盆地的部分区域分布，整体的发育状况不良。与此相对应，在小江主河、大白河和乌龙河上形成宽百米到数百米的河滩和泥石流堆积扇。
- (10) 流域西侧分水岭上的小江流域最高峰——火石梁子附近分布有冰川侵蚀地形，冰川侵蚀地形包括冰斗（马蹄形洼地）、U 字形冰谷和地质时期的冰碛。冰碛前缘的海拔高达 2700~2800 米。
- (11) 相反，流域东侧分水岭的最高峰——大牯牛山（海拔 4017 米）附近的小江流

域一侧并没有明显的冰川侵蚀地形，而高差 500~1000 米的悬崖连续分布。

(12) 小江流域由于滑坡崩塌和强烈的冲沟侵蚀，地形变化明显，河流与河流之间的流域争夺现象随处可见，三家村沟下游就是一个典型范例。

### 2.2.2 地质

在小江流域，新生代中后期的晋宁澄江运动导致新生代地层严重变形，与上面覆盖的古生代以后的地层一起，在加里东以后的造山运动作用下，再次发生变形。古生代以后的褶皱运动轴线呈东北—西南走向，又被南北走向的断层切割，这些断层的一部分被认为是活动断裂带。

原本复杂的地质构造，经历了阿尔卑斯—喜马拉雅（喜山期）以后的剧烈地壳变动，受亚热带气候的影响岩石脆弱和风化程度高，从而形成险峻的山地坡面地形。沿小江、大白河、块河、乌龙河的南北向断层与东西向断层交错、断层两侧形成岩石破碎带。

小江流域新生代到第四纪的地层不连续出露，各时代地层的特性如下：

表 R 2.2.1 各个地质年代的地质特征

地质年代	特 性
前震旦纪	主要由板岩、千枚岩、变砂岩、结晶灰岩、结晶白云岩等组成，岩层受构造运动的影响二次褶皱和断裂多，抗风化能力弱，大部分形成厚厚的风化层。主要分布在小江中下游，分布面积占流域面积的 19%，蒋家沟和豆腐沟等流域分布有该地层。
震旦纪	上部岩性为砂岩和页岩，中部为页岩、粉砂岩和泥砾层、下部为白云岩。主要分布在小江流域中游的小清河中游左岸、蒋家沟左岸至大桥河一带、小白泥沟、大白泥沟下游、桃家小河等，分布面积占小江流域面积的 7.3%。
古生代	分布面积占小江流域面积的 60%，主要分布在中上游，但下游也有出露。岩性主要有砂岩、粉砂岩、页岩、泥岩、灰岩、白云岩等堆积岩和岩浆岩类的玄武岩。二叠系上统玄武岩类在块河左岸到小清河上游、大白河上游等地区分布广泛，约占古生代地层的 53%，流域面积的 32%。经受断层和滑坡作用后的玄武岩，抗风化能力弱，形成厚厚的红色风化层。
中生代	三叠系和侏罗系岩性主要包括砂岩类的砂岩、粉砂岩、粗砂岩等和堆积岩类的泥岩、石灰岩。三叠系上统为夹煤层的堆积岩层。主要分布在大白河上游的功山附近、块河上游、小清河上游、小江下游右岸的太平沟至盐水沟。
第三纪	岩性主要为粘土岩、粉砂岩和砂岩，上部夹褐煤层，分布面积仅占小江流域面积的 0.2%。
第四纪	第四系地层的分布面积不大，主要分布在新村、功山、乌龙等盆地以及尖山沟和蒋家沟的台地和河滩。堆积物包括由未固结的粘土和粉砂组成的湖积层、河道堆积物和泥石流堆积扇堆积物等的砂砾层。

### 2.2.3 地震

小江流域是一个重力负异常区，沿东川—嵩明—宜良一线为滇东重力梯度带，形成南北狭长的地堑式大规模深断裂（东西小江断裂带）。该断裂带不仅在各次地质构造时期活动强烈，目前也是中国的强震发生带之一。

东西小江断层是一条以强烈的挤压为主、并兼具向左扭性（一部分为逆断层）的大规模活动断裂带。大白河断层和乌龙断层间隔大约 20 公里，南北向并列延伸。根据文献资料记载，东川至昆明附近发生的里氏 6 级以上地震，震中大部分集中在东西小江断裂带以及断裂带向南的延伸部分。

从表 R2.2.2 地震统计表可以看出，小江流域的地震具有强震频率高、震中浅、破坏力强、中震和弱震少的特点。根据地震记录，最强烈的地震是 1833 年 9 月 6 日，东川以北 80 公里的杨林发生的里氏 8 级地震。东川区 1966 年 2 月 5 日~18 日在北纬 26.1~26.4 度，东经 103.0~103.2 度发生了 4 次里氏 4 级以上地震，其中规模最大的地震为 1966 年 2 月 5 日发生的里氏 6.5 级地震。此后 40 年间，小江流域周围发生了 12 次里氏 4 级以上的地震。

表 R 2.2.2 小江流域周围发生的地震一览表

时 间	座 标		震 级	地 点
	北纬	东经		
1713年2月26日	25.6	103.2	6.7	寻甸
1733年8月2日	26.2	103.2	7.7	东川
1833年9月6日	25.1	103.1	8.0	杨林
1850年9月12日	27.5	102.5	7.7	西昌、宁南
1911年10月18日	26.5	103.1	5.5	东川
1928年5月1日	26.4	103.3	4.7	东川、会泽
1930年5月15日	26.6	102.9	6.0	巧家新湾塘
1934年5月3日	26.6	103.1	5.2	蒙姑
1936年8月17日	26.6	103.1	5.5	蒙姑
1947年6月7日	26.3	102.8	5.5	东川
1966年2月5日	26.2	103.2	6.5	东川
1966年2月6日	26.3	103.2	4.9	东川
1966年2月13日	26.1	103.2	6.2	东川
1966年2月18日	26.0	103.2	5.0	东川
1975年1月22日	26.6	103.0	4.7	蒙姑
1985年3月18日	26.6	103.0	4.8	蒙姑
1985年4月18日	25.9	102.8	6.3	禄劝
1985年11月1日	25.9	103.1	4.7	东川
1986年4月13日	26.5	102.9	4.7	东川、会泽
1988年4月15日	26.4	102.9	5.4	东川、会泽
1998年12月1日	26.4	104.1	5.1	宣威市龙潭乡
2000年1月15日	25.6	101.1	6.5	姚安县
2003年7月21日	25° 57'	103° 14'	6.2	大姚县
2003年10月16日	25° 55'	101° 18'	6.1	大姚县
2003年11月15日	27° 0' 2"	103° 0' 6"	5.1	鲁甸县
2003年11月26日	27° 0' 2"	103° 0' 6"	5.0	鲁甸县

资料来源：东川市志及其他

## 2.2.4 土壤

关于小江流域的土壤特性，从现有资料和本次调查实施的土壤调查两方面进行叙述。

### 1) 现有资料的土壤特性分析

《东川市志》、《会泽县志》等资料汇总了小江流域的土壤特性。这些资料中所记载小江流域土壤特性如下。

#### a) 东川区土壤特性

根据《东川市志》的记载，东川区的土壤共有 10 个土类、23 个亚类、45 个土属、62 个土种。10 个土类的基本理化特征参见附表 2.2.1。主要的土壤有燥红土、褐红壤、红壤、黄红壤、黄棕壤、棕壤、暗棕壤、亚高山草甸土，土壤随海拔高度变化，垂直分布的分类情况如表 R2.2.3 所示。

表 R 2.2.3 东川区各海拔带的土壤与主要树种

海拔	土壤类别	主要树种
1500m 以下	燥红土	按树、银合欢、剑麻
1500-1700m	褐红壤	木棉、按树、红椿
1700-2200m	红壤	马桑、金丝桃、银木荷、云南松
2200-2550m	黄红壤	云南松、华山松、云南油杉、牛筋条
2550-2900m	黄棕壤	云南松、华山松、云南油杉
2900-3500m	棕壤、暗棕壤	高山松、泡花树、化香、箭竹
3300m 以上	亚高山草甸土	野古草、羊茅、短柄草、高山鸢尾

资料来源：《东川市志》

全区的土地按肥力评价分为八级，1~3 级为肥力等级较高的耕地，占总面积的 10.8%；兼有耕地和非耕地的 4 级占 3.58%；5~8 级肥力贫瘠为非耕地，占总面积的 85.6%。风雨侵蚀导致肥力下降是肥力等级较低的原因之一，还有农田中有机肥料使用少，一直用化肥补充肥力。

### b) 寻甸县的土壤

寻甸县的土壤共有 10 个土类、15 个亚类、36 个土属、71 个土种。主要的土类有山地红壤、黄棕壤、棕壤等，主要的土种为水稻土和高山草甸土等。土壤的 PH 值为 5.8~7.8。

寻甸县与东川区和会泽县一样，土壤的垂直分布明显。（见表 R2.2.4）

表 R 2.2.4 寻甸县各海拔带的土壤与主要树种

海拔(m)	代表性土壤	主要树种
1500 以下	水稻土	暖温性针叶阔叶混交林、云南松、旱冬瓜
1500-2300	山地红壤	中低山地的车桑子、马桑等
2300-2700	山地黄棕壤	云南松、华山松、油杉、黄杉、旱冬瓜
2500-3100	棕壤	华山松、旱冬瓜、青冈等
2900-3100	暗棕壤	刺栎、褚栎、箭竹、硬叶矮灌丛
2800-3300	亚高山草甸土	杜鹃、矮刺栎、羊茅、牛毛草、翻白草、冷蕨等草甸植物

资料提供：寻甸县农业局

### c) 会泽县的土壤特性

据会泽县志记载，该县土壤有亚高山草甸土、棕壤、红壤、燥红土、紫色土、石灰岩土、冲积土、沼泽土、草甸土、水稻土、黄棕壤等 11 个土类、24 个亚类、54 个土属、97 个土种。

其中棕壤、红壤和紫色土土类共有面积 5114 平方公里，占全县土壤面积的 90.9%，共有耕地 795.7 平方公里，占全县旱地耕地面积的 85.7%。这三类土类中粗骨性土占 50.8%，形成会泽县水土流失严重、低产面积大的主要原因。

土壤类型的垂直分布明显。海拔 1100 米以下为燥红土，海拔 1100~1700 米为褐红壤亚类，海拔 1700~2300 米为红壤，海拔 2300~2600 米为黄棕壤，海拔 2600~3200 米为棕壤，海拔 3200 米以上为亚高山草甸土。

该地区土壤的化学特点为有机质含量高，转化率低。有机质含量自然土大于耕地，自然土的含量为 6.4%，耕地的含量为 3.9%。有机质含量最高的是亚高山

草甸土，棕壤和黄棕壤次之。有机质含量的另一特点是随着海拔增高而增加。碳氮比值 (C/N)，自然土大于耕地，也随着海拔高度的升高而加大。

## 2) 本次调查的土壤调查结果

本次调查针对 4 个优先小流域，每个小流域 5 个点取样，进行了土壤分析调查。调查结果概括如下：（详细调查结果参见《附属报告书 H 山坡绿化规划》）

- 本次调查查出的土壤类型主要有棕壤、黄棕壤和褐红壤。
- 从各流域来看，豆腐沟主要是褐红壤、黄棕壤，东川城区流域主要是红壤、棕壤和黄棕壤，乌龙河主要是褐红壤，桃家小河主要是红壤、黄棕壤和棕壤。
- 部分土类的分布偏离了《东川市志》所记载的海拔与土类的关系。
- 土壤的肥沃度和植物的生长取决于土壤三相（固相率、空气率和孔隙率）的良好比率。从采集的土壤样本的三相分析结果来看，水份率基本没有问题，但是大部分土壤的空气率偏低（空气不足），固相率偏高（过于紧密），超过正常三相范围的样本较多。
- 从分级结果来看，除部分土壤的养分比较高之外，大部分土壤的养分偏低。特别是有效磷偏低，绝大部分属于分级中的低级别。

综合上述结果，本区域的土壤养分较低不利于造林。从实际情况来看，当地在类似土壤条件下也在开展造林，在养分较低的土壤条件下，选择适应性较强的树种也可以造林。

### 2.3 气象、水文、河流

#### 2.3.1 气象、气候

小江流域的气象气候，主要依据东川气象局下设的新村（海拔 1254 米）、汤丹（海拔 2252 米）、落雪（海拔 3228 米）三个观测站的观测记录叙述。（参见图 2.3.1）

##### 1) 气候特征

小江流域的气候被称为立体气候，根据海拔高度分为亚热带干热河谷区、暖温带半湿润山区、寒温带湿润山区等三个气候带，各气候带的垂直气候特性如表 R2.3.1 所示。

表 R 2.3.1 立体气候

地 区	海拔 (m)	气温 (°C)			年降雨量 (mm)	年蒸发量 (mm)
		年平均	最高	最低		
亚热带干热河谷区	900~1300	20	40	-2	700	2,099
暖温带半湿润山区	1300~2300	13	31	-9	830	988
寒温带湿润山区	2300~3300	7	22	-16	1,200	909

资料来源：《云南小江泥石流综合考察与防治规划研究》

## 2) 气温

根据位于东川城区附近的新村观测站的观测结果，从年度温度变化来看，呈比较温暖的倾向。新村的年度气温变化在 12 度~25 度之间，1 月的气温最低，7 月的气温最高，年平均气温为 20.2 度。

此外，小江流域的海拔高差大，与纬度相比，海拔高差对气温的影响占支配地位。例如，跟据《云南小江泥石流综合考察与防治规划研究》（科学技术文献出版社重庆分社），小江与金沙江汇流点（海拔约 700 米）的平均气温为 24℃，而海拔 4344 米的拱王山脉雪岭的平均温度是 0℃，海拔对气温的影响非常明显。

## 3) 湿度

干季将近结束的 3 月前后湿度最低，雨季的 7 月到 10 月湿度最高。新村站的月平均湿度为 35~69%，汤丹站为 46~80%，落雪站为 51~88%。如新村站的湿度变化范围所示，小江河谷地带，雨季湿度上升比较平缓，居住舒适。

## 4) 降雨

小江流域以至云南全省受热带季风气候的影响，与南亚、东南亚一样，雨季和干季分明。根据气象局的雨量观测记录，雨季（5~10 月）降雨量约占年降雨量的 87%，旱季（11 月~次年 4 月）仅占 13%。新村站的年降雨量为 690mm，汤丹站为 830mm，落雪站为 1140mm。

## 5) 蒸发量

雨季蒸发量小，旱季蒸发量大，海拔越低蒸发量越大。新村站的年蒸发量为 2180mm，汤丹站为 1700mm，落雪站为 1570mm。

### 2.3.2 水文

#### 1) 年流量

根据小江水文站（见图 2.3.1）的观测记录，月平均流量从 6 月开始上升，7、8 月达到峰值，随着雨季的结束开始下降，到 4、5 月分达到最低点。丰水期 6 月~12 月的水量占全年的 85.3%，1 月~5 月占 14.7%。根据《云南小江泥石流综合考察与防治规划研究》（科学技术文献出版社重庆分社），小江水文站观测到的最大流量为 674 m<sup>3</sup>/s，最小流量为 6.1 m<sup>3</sup>/s。

#### 2) 洪水

##### a) 洪水泛滥形态

小江流域的洪水集中在 6 月~8 月，一次洪水过程持续一天左右，水位猛涨猛落是目前为止所观测到的特征之一。小江主河的泛滥形态大概有两个类型，其一为主河水位上涨，淹没两岸的农田和房屋；其二为支流泥石流堵江引发的洪水泛滥。根据《西部山区河滩地开发与保护规划研究》（科学技术出版社），前者的发生频率为两年一次；关于后者，以蒋家沟泥石流为代表，1919 年~1968 年蒋家沟泥石流共计 7 次堵江，曾经有过回水从蒋家沟沟口向上游上溯 10 公里左右的先例。

根据小江中游的小江水文站 28 年系列的流量观测，洪水记录整理结果见表下表。遗憾的是小江主河和支流所观测到的流量记录，由于矿务局的破产，全部不知去向。

表 R 2.3.2 小江水文站的洪水洪峰流量

No	日期	洪峰流量(m <sup>3</sup> /s)	发生频率
1	1977. 6. 21	674	1/50
2	1960. 7. 28	531	
3	1974. 9. 1	507	
4	1981. 6. 28	481	
5	1987. 7. 6	445	1/20

资料来源：《西部山区河滩地开发和保护规划研究》科技出版社

### b) 实测降雨和流量

本次调查期间，2004 年 6 月 10 日发生了一次中等规模的洪水，根据水文观测结果，小江水文观测点的洪峰流量为 300 m<sup>3</sup>/s，该观测点上游的两日降雨量约 92 毫米。流域平均降雨量和小江水文站的水位变化见图 R2. 3. 1。

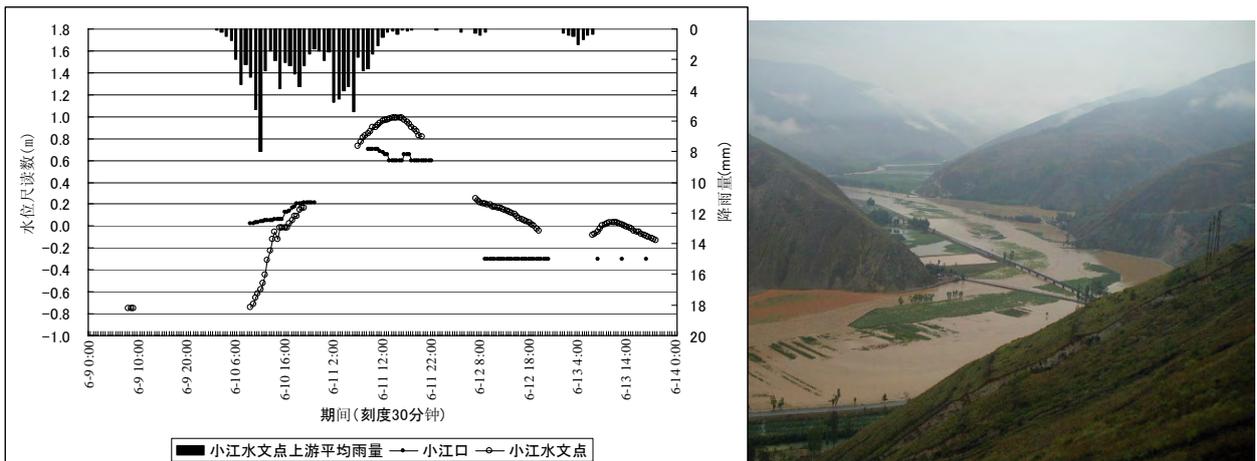


图 R 2.3.1 2004 年 6 月 10 日洪水数据以及小江水文观测点附近的照片（当天 15 时左右拍摄）

## 2.3.3 河流

### 1) 小江水系

小江位于云南省东北部，源于昆明市寻甸县清水海附近，流经昆明市寻甸县、东川区、曲靖市会泽县，最终注入长江上游的金沙江。流域面积 3058 平方公里，河道长约 120 公里。小江上游称为大白河，沿途有阿旺小河、桃家小河、大白泥沟、小白泥沟和小江最大的支流块河汇入。与小清河汇流后称为小江，沿途有蒋家沟、豆腐沟等支流汇入，最终流入金沙江。

## 2) 河道现状

如图 R2.3.2 所示,小江河床坡度大,平均比降约为 1/100 的陡坡山地河流从山间流过。河谷宽度从十几米到数百米不等,其间散布着一些河谷平原。小江主河的代表粒径为 10~28mm,块河为 28~58mm。河道内树木等植被稀少,河床变动剧烈。部分河滩开发为农田,有些地方有砌石河堤。

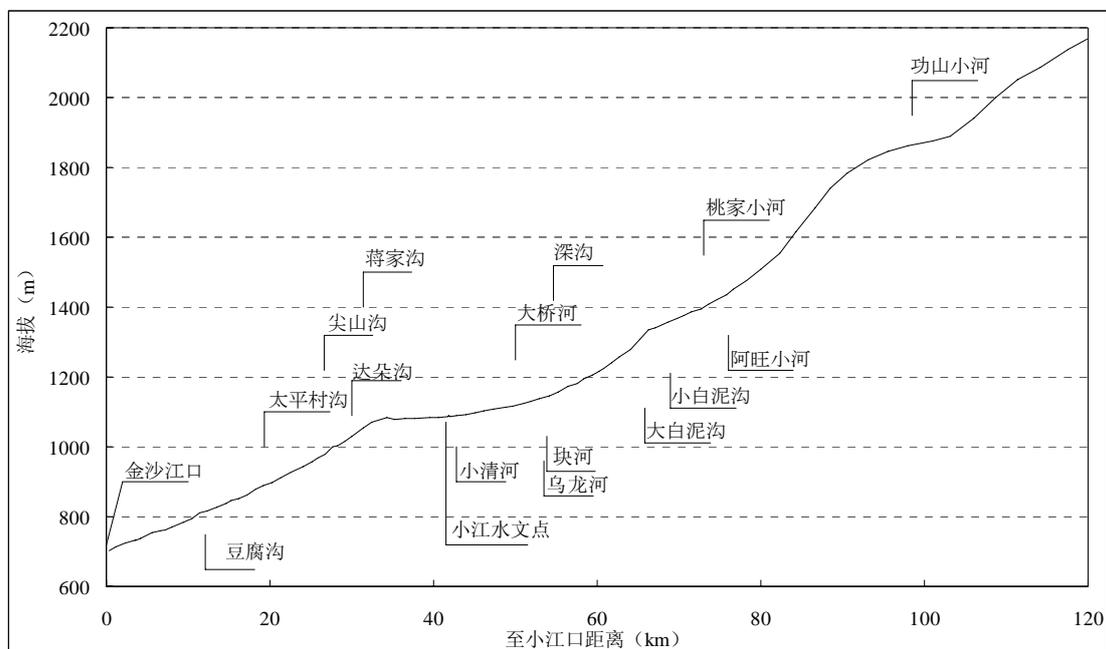


图 R 2.3.2 小江河床纵断面图

## 3) 河床材料调查结果

为了掌握河床堆积物的特性实施了河床材料调查。详细调查结果参见《附属报告书 E 水文水理》,调查结果概要如下:

- 砂砾比重为: 最小 2.68 吨/m<sup>3</sup>, 最大 2.87 吨/m<sup>3</sup>, 平均 2.77 吨/m<sup>3</sup>
- 天然密度为: 最小 1.55 吨/m<sup>3</sup>, 最大 2.58 吨/m<sup>3</sup>, 平均 2.24 吨/m<sup>3</sup>, 非常密结。
- 主河、支流(豆腐沟、乌龙河、深沟、桃家小河等)的粒径分布没有明显的差别(见图 2.3.2)。数据比较分散,平均状况为浮游质(0.075mm 以下)占 3%,砂(2mm 以下)占 16%,中砾(20mm 以下)占 52%,砂砾的粒径较好。

## 2.4 土地利用

### 2.4.1 土地利用

依据会泽县和寻甸县国土资源局提供的各乡镇土地利用数据,以及从《东川区综合农业规划》中摘录的东川区整体的土地利用面积,小江流域的土地利用情况整理如下。各种土地的面积虽然不完全是小江流域的数值,但也可以充分了解小江流域大致的土地利用特征。

表 R 2.4.1 小江流域土地利用现状

土地利用分类		东川区		会泽县		寻甸县		合计	
		(km <sup>2</sup> )	(%)						
耕地	水田	35	1.9	51	3.6	44	2.9	130	2.7
	旱地	157	8.4	306	21.3	394	25.4	857	17.7
	其他	142	7.7	8	0.6	1	0.1	151	3.1
	小计	334	18.0	366	25.4	439	28.3	1,139	23.5
林地	有林地	121	6.6	261	18.2	569	36.7	951	19.6
	灌木林地	123	6.7	9	0.6	164	10.6	296	6.1
	其他	69	3.6	279	19.3	32	2.0	380	7.8
	小计	313	16.9	549	38.1	764	49.3	1,626	33.6
荒山荒坡		931	50.2	282	19.6	36	2.3	1,249	25.8
居住地		19	1.0	23	1.6	29	1.9	71	1.5
工矿用地		24	1.3	4	0.3	2	0.2	30	0.6
交通用地		8	0.5	3	0.2	5	0.3	16	0.3
水域		11	0.6	29	2.0	3	0.2	43	0.9
未利用地		214	11.5	78	5.4	166	10.7	458	9.5
其他		1	0.0	105	7.4	105	6.8	211	4.3
合计		1857	100.0	1,438	100.0	1,549	100.0	4,844	100.0

注) 东川区为全区统计数据, 会泽县为娜姑、金钟、大海、驾车四个乡镇的统计数据, 寻甸县为金所、六哨、凤仪、金源、甸沙、功山6个乡镇的统计数据  
东川区的数据为从《东川市综合农业规划》中摘录的1989年的土地利用情况。会泽县和寻甸县的数据为国土资源局提供的2003年底的土地利用情况。

从表 R2.4.1 可以看出, 林地、荒山荒坡以及耕地占总面积的 80% 以上。林地的面积最大占到 34%, 包括灌木林在内, 有林地占总面积的 25% (林业局有林业系统的林地定义和面积数据, 关于林地的详细数据参见下节)。耕地中水田很少, 不足 3%, 大部分是坡耕地。荒山荒坡面积占 26%, 也可以说明流域的荒废程度。

## 2.4.2 森林分布

关于森林分布情况, 3 县区各种林地以及各树种、各海拔带的分布情况概括如下:

### 1) 三县区整体的分布情况

#### a) 东川区森林分布情况

东川区总面积为 280 万亩 (1874 平方公里), 其中 2001 年统计的林业用地面积为 150 万亩 (1000 平方公里)。有林地的主要树种为云南松、云南油松、木荷、高山松, 灌木林地的主要树种为箭竹、苦刺、小桐子、牛筋条等。1995 年东川区林业局绘制的森林分布图见图 2.4.1。

表 R 2.4.2 2001 年林业用地统计表

年度	林业用地		各种林地的面积(千亩)						森林覆盖率(%)		
	面积(千亩)	比例(%)	有林地	疏林地	灌木林地	未成林造林地	苗圃	幼林地	有林地	灌木林	小计
1985	1,085	38.5	187.2	94.8	188.1	1.4	0.3	614.1	6.6	6.7	13.3
1990	1,269	45.0	191.3	91.8	221.1	39.8	0.3	725.0	6.8	7.8	14.6
1995	1,137	40.5	350.3	24.9	247.4	129.5	0.1	384.9	12.5	8.8	21.3
2001	1,506	53.6	555.0	4.5	340.8	29.7	-	575.7	19.8	12.1	31.9

数据由东川区林业局提供

### b) 寻甸县森林分布情况

关于寻甸县的森林分布情况，寻甸县林业局未能提供象东川区那样整理好的资料。2001 年，寻甸的森林覆盖率由 1997 年的 27.3% 上升到 31.7%。

与寻甸林业局的座谈中得知，小江流域可以栽种的树种有云南松、华山松、旱冬瓜、合欢科的金合欢和圣诞、桉树等。

### c) 会泽县的森林分布情况

根据会泽县林业局提供的《会泽县森林资源以及砍伐现状》(2000 年)，会泽县的国土面积为 882.6 万亩(5887 平方公里)，其中林业用地面积为 491.9 万亩(3281 平方公里)，占总面积的 56%。林业用地中有林地面积 398.3 万亩(2657 平方公里)，占林业用地总面积的 81%。小江流域范围内的土地面积为 89.1 万亩(594 平方公里)，其中林业用地面积 32.7 万亩(218 平方公里)，占总面积的 37%。林业用地中有林地面积 13.1 万亩，占林业用地面积的 40%，仅占土地总面积的 15%。

与会泽县林业局的座谈中得知，会泽县的小江流域地区海拔高，地形陡峭，气温低，造林可选树种只有华山松。娜姑镇等海拔较低的地方炎热干旱，造林可选树种为银合欢。主要经济林树种有板栗、核桃、苹果、梨、柑桔、茶树等。

## 2) 各海拔带的森林分布情况

虽然没有分海拔带的森林面积资料，但树木的分布受地形、气候、土壤的影响，大致可分为下述三个植被带，东川、会泽和寻甸基本一致。

表 R 2.4.3 各海拔带的森林分布情况

海拔	植被	主要森林	树种
4,500m	亚高山植被	寒温性亚高山针叶林	冷杉、雪松
4,000m		温冷性常绿针叶林	高山松、高山栎、杜鹃
3,500m		常绿硬叶阔叶林	黄背栎
3,000m	高原山地植被	落叶、常绿阔叶混交林	华山松
2,500m		暖温带常绿针叶林	云南松、马桑、牛筋条、
2,000m		山地型常绿阔叶林	桉树
1,500m	干热河谷		
1,000m		灌木、草坡	桐混交林、合欢、桉树、
~ 500m			剑麻、苦楝

## 2.5 洪水土砂灾害

### 2.5.1 灾害记录

三县区水务局提供的相关灾害记录汇总整理为表 2.5.1、表 2.5.2、表 2.5.3 以及图 2.5.1。各县区的数据准确度、记录期间、受灾定义、计算方法有一定的差异，但总体上是抽选出一些规模较大的灾害，此外没有记录的泥石流、滑坡灾害还数不胜数。

东川区和会泽县的资料中，土砂灾害分为泥石流和滑坡。滑坡除了包含日本概念的滑坡之外，还包括表层崩塌和塌方等小规模崩塌现象，在此用滑坡这一用语来代表。寻甸县的资料没有分类。

表 R2.5.1 为三县区小江流域灾害统计汇总表。累计 66 人死亡、1700 间房屋破损、5 万亩（约为 3300 公顷）农田被冲毁，（房屋、财产、农作物等灾前价值和灾后价值差额或者修复费用以及应急救援、紧急撤离、搬迁安置等实际费用在内）直接经济损失达 1 亿元（时价）。前面也叙述过，这些数值为最低限度的数值。不难想象，没有统计的小规模灾害还很多。

其他主要的间接损失，在东川区主要是灾害引起的公路和东川支线铁路中断。例如：根据 1971 年至 1986 年的统计，铁路沿线共计发生泥石流 505 次，铁路停运累计 700 天。处于小江流域中心的新村镇，因交通中断而处于孤立状态。

表 R 2.5.1 小江流域土砂灾害记录

县区	东川区	会泽县	寻甸县	合计	
记录期间	主要是60年代以后	1966年以后	主要是70年代以后		
死亡人数 (人)	泥石流	27	9	(36)	
	滑坡	6	8	(14)	
	小计	33	17	66	
房屋毁损 (间)	泥石流	181	120	(301)	
	滑坡	45	834	(879)	
	小计	226	954	1,676	
冲毁农田 (亩)	泥石流	42,800	700	(43,500)	
	滑坡	300	700	(1,000)	
	小计	43,100	1,400	51,620	
直接经济 损失 (百万元)	泥石流	101.2	0.7	(101.9)	
	滑坡	4.5	4.0	(8.5)	
	小计	105.7	4.7	(110.4)	
其他损失	泥石流	公路、铁路交通 中断	道路受灾	—	—
	滑坡		—	—	—

( ) 内的数值为东川区和会泽县合计值

## 2.5.2 主要特大灾害概述

1985年7月26日老干沟泥石流、1997年新村镇尼拉姑村芦柴塘滑坡和2002年8月蒋家沟泥石流等三次特大灾害的资料比较完整、受灾极为严重，作为典型灾害作一简要概述。

### 1) 1985年7月26日老干沟泥石流

老干沟流域在1966年东川大地震之后，70年代至80年代泥石流频繁发生，对公路、铁路和团结渠造成巨大的危害。

1985年7月26日下午6时许，在暴雨激发下突然发生大规模泥石流。泥石流冲走了正在通过沟口的卡车，12人死亡、3人重伤。这次泥石流使功新公路和东川支线铁路多处冲毁淤埋，交通中断5天，直接经济损失20万元。

### 2) 1997年10月1日新村镇尼拉姑村芦柴塘滑坡

1997年9月30日中午左右开始降雨，傍晚降雨停止。10月1日凌晨3点10分发生特大型滑坡。滑坡体面积0.5平方公里，平均厚度40米，土石方量1950万立方米。58户218人严重受灾，其中6人死亡，22户的房屋和300头大牲畜被埋没，造成直接经济损失300余万元。

灾害发生后，政府决定实施搬迁，受灾居民迁到在山下1公里左右的牛奶场。平均每户投资5000元，修建了房屋和供水等配套设施。到次年5月搬迁工作全部结束。

### 3) 2002年8月蒋家沟泥石流

2002年8月15日、16日，蒋家沟连续爆发3次泥石流，100万立方米以上的土砂流入小江。泥石流冲毁导流堤250米，河道内泥沙堆积高达15米，堵断小江。堵江之后，回水淹没了上游方向近万亩农田和矿山公路，造成巨大的灾害。类似的蒋家沟泥石流堵江自1919年之后，1919年、1937年、1947年、1949年、1954年、1961

年、1964年、1968年、2002年共发生了8次。1968年8月蒋家沟泥石流堵江，历时6个月，道路交通中断3个月。

### 2.5.3 灾害特征

典型的土砂灾害为泥石流和滑坡（包括表层崩塌和塌方等小规模崩塌现象）。崩塌现象最终导致泥石流的发生，估计分类中的泥石流灾害，大部分是滑坡间接引发的。

在受灾形态方面，泥石流和滑坡等灾害现象的发生地，直接遭受破坏。此外，远离灾害现象发生地的区域也会受灾。比如蒋家沟、大白泥沟和小白泥沟的泥石流堵断小江、大白河，在上游河段引发洪水灾害。另外还有一些危害没有在灾害记录中体现，比如年复一年的土砂堆积，淹埋了堰堤、道路和桥梁等工程设施，高差缩小以及悬河形成，大量的泥沙流入金沙江等。

表 R 2.5.2 小江流域的主要土砂灾害

主要土砂灾害		备注
滑坡包括塌方和坡面崩塌)		小江流域滑坡地形分布广泛。
泥石流		流域内几乎所有的支流都有可能发生泥石流。
小江河床上升	支流泥石流堵江	蒋家沟、大小白泥沟等支流发生的泥石流堵断主河。
	持续的河道上升	埋没取水堤（团结渠取水堤在1969年建成后，加高过两次，加高3.1米）、道路、桥梁被埋没，河流成为悬河，洪水泛滥。
泥沙流入金沙江		下游水库库区泥沙堆积，下游河床上升。

## 2.6 环境

### 2.6.1 环境影响评价制度

#### 1) 环境保护的相关法律

##### a) 中华人民共和国环境保护法

《环境保护法》相当于日本的《环境基本法》，第1条明确提出了《环境保护法》的制定目的为保护和改善生活环境与生态环境，防治污染和其他公害，保障人体健康，促进社会主义现代化建设的发展。第13条规定：建设污染环境的项目，必须遵守国家有关建设项目环境保护管理的规定。建设项目的环境影响报告书，必须对建设项目产生的污染和对环境的影响作出评价，规定防治措施，经项目主管部门预审并依照规定的程序报环境保护行政主管部门批准。环境影响报告书经批准后，计划部门方可批准建设项目设计任务书。

##### b) 中华人民共和国环境影响评价法

中国的环境影响评价必须依据2003年9月开始施行的《环境影响评价法》实施。该法的特点之一是将环境影响评价划分为“规划的环境影响评价”与“建设项目的的环境影响评价”，根据项目的特征以及对环境的影响程度适用不同的环境アセスメント手续，从而提高审批的效率。

第7条规定5~10年相对长期的土地利用规划、流域建设规划应当在规划编制阶段进行环境影响评价，编制有关环境影响的篇章或者说明。第8条规定专项规划草案在上报审批前，组织实施环境影响评价，并向该专项规划的审批机关提交环境影响评价报告书。

建设项目根据对环境影响的程度，环境影响评价实行分类管理。由国务院环境保护主管部门制定并公布的《建设项目环境影响评价分类管理名录》对包括工矿矿业开发建设、农业开发建设、商业开发建设在内的 170 种项目作出编制环境影响评价报告书、环境影响评价表或者填写环境影响登记表的规定。根据该名录的规定，流域开发、开发区建设、城镇新区建设、城镇旧区改造、区域开发建设项目必须编制环境影响评价报告书。

## 2) 本项目的环境影响评价

根据 2003 年 9 月 1 日开始施行的《环境影响评价法》，本优先实施项目必须编制环境影响评价报告书。环境影响评价报告书需要包括（1）建设项目概况、（2）建设项目周围环境现状、（3）建设项目对环境可能造成影响的分析、预测和评估、（4）建设项目环境保护措施及其技术、经济论证、（5）对建设项目实施环境监测的建议、（6）环境影响评价的结论。

## 3) 环境影响评价中的居民参与

关于居民参与，《环境影响评价法》第 11 条规定：对可能造成不良环境影响并直接涉及公众环境权益的规划，应当在该规划草案报送审批前，举行论证会、听证会，或者采取其他形式，征求有关单位、专家和公众对环境影响报告书草案的意见。

## 4) 环境影响评价报告书的审批程序

本项目的环评审批程序，如下图所示。

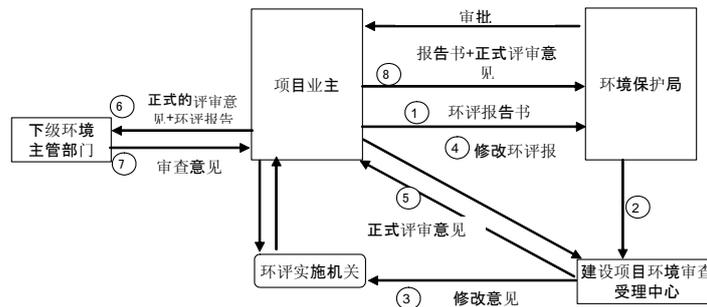


图 R 2.6.1 环境审批程序

## 5) 与其他援助机构的技术导则之间的差距

与本项目贷款候选机构之一的日本国际协力银行（JBIC）的“国际协力银行环境与社会影响确认技术导则”相比，中国的环境影响评价相关法律法规在（1）环境影响评价分类标准与类别区分、（2）居民参与两个方面需要注意。

中国的环境影响评价相关法规要求“所有的流域”开发都实施环境影响评价，但环境影响评价的内容、详细程度、居民参与方式等根据项目实施区域的特点、环境问题的敏感程度等具体情况确定。也就是说中国的环境影响评价分类日本国际协力银行、世界银行等海外融资机构的分类并不是一一对应，确定所述类别时需要充分考虑项目实施区域的特点、环境问题的敏感程度、环境影响的特点、影响程度等。

此外，《中国环境影响评价法》的第 11 条对居民参与作出规定。本项目原本就是以改善环境为目的，对环境的负面影响非常有限，依照中国的环境影响评价相关法规与通常的习惯，居民参与只要以居民为对象实施问卷调查就足够了。但是，国际协力机构的《最新环境与社会影响技术导则》、国际协力银行的《环境与社会影响确

认技术导则》要求自始至终贯彻居民参与项目全过程的精神。因此本次规划调查从基本规划编制阶段开始，尽最大可能促进居民参与，为了在项目内容中反映居民的心声反复举办了居民研讨会。

## 2.6.2 自然环境

### 1) 环境保护区

#### a) 自然保护区

自然保护区是指有代表性的自然生态系统、珍稀濒危野生动植物物种的天然集中分布区、有特殊意义的自然遗迹等保护对象所在的陆地、陆地水体或者海域，依法划出一定面积予以特殊保护和管理的区域。（《中华人民共和国自然保护区条例》）

云南省有 13 个国家级自然保护区、49 个县级自然保护区，其中有 2 个省级自然保护区和 2 个县级保护区位于小江流域及其周边，这四个自然保护区的大概位置见图 2.6.1。

驾车华山松自然保护区（省级，1984 年批准）位于会泽县南部、乌蒙山西部，海拔 2400~3400 米，主要保护对象为华山松，面积 8280 公顷。空气潮湿，天气寒冷，常年浓雾蔽日。华山松是当地现有天然林的主要树种，保护区的主管单位为会泽县林业局，现有管理人员 10 余人。保护区内有金钱豹、穿山甲、麂、麝、岩羊等国家重点保护动物。

轿子雪山自然保护区（省级，1994 年批准），也是小江流域的主峰（4223 米）（也是小江流域海拔最高点），保护区面积 16704 公顷。因主峰形如轿子而得名轿子雪山。保护对象为亚高山针叶林以及山地湿性常绿阔叶林，目前正在积极加快旅游开发。

寻甸回族彝族自治县六哨乡黑颈鹤自然保护区（县级），是世界上最南端的黑颈鹤越冬区。

会泽大海草山自然保护区（县级）属于亚高山草甸风貌景区，面积 12000 公顷，保护对象为亚高山草甸、杜鹃灌木林，具有内蒙古大草原的神韵。草山总面积 18 万亩，海拔在 2570 米至 4017 米之间，水、草、雪、云组成四季不同的绮丽风光。长期以来，由于人口与日俱增，林草植被遭到严重破坏，草山生态环境逐步恶化。

#### b) 东川区的景观生态保护区

东川区旅游发展规划中确定的保护区和旅游开发景点有小江口、红土地等。小江口是小江和金沙江交会的地方，也是两省四县的交界处，因为有很多历史名人曾经到过这里而出名。红土地位于乌龙河上游，层层叠叠的红色梯田景观深受中外摄影家的喜爱，乌龙河的红土地景观可以与巴西的红土地景观媲美。其他还有黑水河上游的高原草地、东川区深沟森林公园等东川区确定的生态环境保护对象。后者位于小江右岸、东川城区后山，是当地居民喜爱的休闲场所。

#### c) 湿地

寻甸清水海是重要湿地，面积 5.4 平方公里，云南省天然淡水湖泊中名列第 14 位，总蓄水量 1.4 亿立方米，平均水深 26 米，是寻甸县城的主要饮用水源，日

供水 8600 立方米。清水海周围 30 平方公里的范围内，密密麻麻地生长着华山松、云南松、早冬瓜和圆柏等树木。（严格的讲，清水海不是自然保护区。但 2005 年云南省有 4 块湿地被列入国际重要湿地，湿地重要性的认识不断提高）。

## 2) 动植物

由于森林减少，豺、狼、豹等大型兽类基本灭绝。现存的 30 多种食草性兽类和小型哺乳动物主要栖息在南部和西部森林中。鸟类有 100 多种，其中 10 余种属国家重点保护动物。由于山涧溪流的流量小、变幅大、河床不稳定，鱼类没有形成较大的资源。

东川区内植物中，有国家一级保护植物两种、二级保护植物两种、三级保护植物三种。主要灌木树种有 14 种以上、主要乔木树种有 9 种以上、主要经济林木有 14 种以上。乔木中，云南松和华山松的分布面积最广，全区有云南松面积 10.49 万亩，占森林面积的 58%；华山松面积 5.38 万亩，占森林面积的 30%。此外还有云南省内保存完好的急尖长苞冷杉林地。

小江流域的动植物资源见附表 2.6.1。国家保护动植物见表 R2.6.1。

表 R 2.6.1 保护动植物

保护级别	动植物名称
国家一级保护动物	黑颈鹤
国家二级保护动物	18 种
国家三级保护动物	2 种
国家一级保护植物	秃杉
国家二级保护植物	蕈子三尖杉、银杏、香果树
国家三级保护植物	黄杉、长苞冷杉、云南七叶树、油杉、红椿

引自：中国野生植物保护协会网页

## 2.6.3 社会环境

### 1) 土沙灾害和居民搬迁

小江流域有中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所下属的东川泥石流观测研究站和东川区水务局内的东川泥石流防治研究所等专门从事砂防研究的机构，并在水土流失治理方面投入了大量资金。截至 2001 年，累积投入治理资金 6384 万元，植树造林、封山育林 24677 公顷，四旁植树 1800 万株，修建拦沙坝 87 座、固床坝 120 座、谷坊上千座、排导槽 30 多公里，拦蓄泥沙 3401 万立方米，控制水土流失面积 169 平方公里。防治起到了明显的成效，但对于 3000 多平方公里的流域面积而言只不过冰山一角。

流域内有很多农民居住在泥石流沟边、危险滑坡体附近，遭遇严重的灾害或者受到灾害的严重威胁时，常常采取自发搬迁措施。因为搬迁太远了没法耕种土地，大多数搬迁的地方不会离原来居住的地方太远。也有部分居民搬到距离耕地较远的地方，但经济上、时间上的损失很大。有的农民搬迁后再次受到滑坡、泥石流灾害的威胁，不得不再次搬迁，越搬越穷。政府给与搬迁补助，帮助改善生活设施（帮助修建蓄水池、沼气池）等。但补助费并不够支付所有的搬迁费用，有很多村民搬迁后反倒加入了贫困户的行列。

## 2) 交通与交通事故

小江流域有 3 条省道、2 条县道、10 多条县乡公路、30 多条乡村公路、40 多条厂矿专用支线。流域内交通网络稀疏，车流量小，汽车尾气污染较小。由于车流量小，噪音低，对公路周边居民生活影响不大。

民间的主要交通工具具有自行车、三轮车、摩托车和马车等，没有具体的统计数字。自行车、三轮车、摩托车在农村与城区均有分布，而马车主要集中在农村地区使用。

## 3) 产业

### a) 农业

小江流域的主要产业是农业。一般在海拔较低的河谷平原，开发河滩地种植水稻、早熟西瓜、反季蔬菜等；山区种植玉米、红薯、燕麦等农作物以及发展畜牧业。近几年，酿酒葡萄、石榴等果树栽培，黑山羊养殖，雪上一支蒿、法落海、雪胆、鱼腥草等特色药材种植也取得了一定进展。

山多地少、土砂灾害频繁发生，小江流域的耕地面积少。畜牧业的经济收入占农业总收入的 35% 以上。但退耕还林、封山育林政策实施以后，由传统放牧改为圈养，会在一定程度上影响畜牧业的发展。

### b) 渔业和养蜂

2001 年底，东川区的渔业从业人数为 265 人，产值 631 万元。渔业从业人员主要集中在碧谷镇和新村镇，其中新村镇的从业人数为 165 人，产值 326 万元；碧谷镇的从业人数为 100 人，产值 147 万元。山涧溪流水量小、变幅大、土砂灾害频繁发生，河道不稳定，难以形成渔业发展可以依托的鱼类资源环境。

小江中下游沿岸有一些小型鱼塘，养殖罗非鱼、鲤鱼、草鱼等，在东川区以及昆明等周边城市销售。1960 年前后开始推水田养殖罗非鱼，1980 年亩产达到 550 公斤以上。1990 年，全区的养殖水面面积达到 723 亩。此外还有养蜂业，蜂蜜年产量 16 吨左右。

### c) 工业

东川区在致力于开发矿业的的同时，八十年代地方工业开始发展。现在已形成冶金、化工、机械、建材、食品、电子、皮革、造纸、药品、陶瓷、印刷、服装等企业群，铜、铝、磷、铁等矿产开发以及深加工初见成果。

### d) 旅游业

著名景点有红土地、轿子雪山等，红土地深受中外摄影家的喜爱。各级地方政府将旅游业作为生态绿色产业宣传发展。另外地方特色小吃、特色工艺品（如会泽斑铜工艺品）和文化风俗（如彝族火把节）也是旅游业的一个重要组成部分。

## 4) 文化遗产和古迹

文化遗址有木树郎新石器时代遗址、中厂河汉代制陶遗址、树桔红军渡、铜矿采冶遗址等。此外还有春秋战国、东汉、西汉的古墓葬 3 处，以及古建筑和石刻类文物

(如祝国寺、清真寺、娜姑古镇、安顺桥、麻栗坪石窟、银厂坡洞穴造像、普车河桥碑等)。

## 5) 生活环境

### a) 水质

小江流域也有一定的水质污染，生活废水和生产污水直接流入小江。主要污染物是总磷，河流湖泊有机污染普遍。乌龙河上游水库水质严重污染，严重影响了水库附近居民的饮用水质量。会泽县小江流域下游，受新村厂矿、东川铜矿、以礼河电站等的影响，饮用水水质恶化。

东川城区的工业及生活污水处理已成为一个重要的课题。城区以前是一个人口不到两万人的小城镇，污水全靠明沟排放，排水系统建设与人口增长不协调。1959年以后，沿街两侧修建下水道，城市污水沿下水道由东向西汇入大白河。日排污水能力约为1万吨。三峡库区及其上游水污染防治规划项目中的昆明市东川区污水处理厂及城市排污管网改造工程已经进入可行性研究阶段，污水处理能力可达1万吨/日。

### b) 大气

近年来小江流域大气污染严重，为了冶炼丰富的铜矿、锌矿等矿产资源，冶炼厂排出大量的二氧化硫等有害气体。从酸雨发生的时间和频率分析，有报告说形成酸雨的主要原因是有色金属冶炼厂排放大量的二氧化硫所致。东川区局部大气污染严重，北郊工业区有化工、造纸、建材、有色金属冶炼等污染源。会泽县和寻甸回族彝族自治县的主要空气污染源是厂矿废气。

### c) 卫生

到2003年底，东川区共有21个医疗机构、病床914张、专业卫生技术人员845人、医生405名。1990年东川市卫生防疫站设立了防疫、地方病和肺结核防治、劳动卫生、食品卫生、环境卫生和综合门诊部等部门科室，在职人员61人，其中卫生技术人员48人。近年来随着矿山管理强化和医疗设施的改进，地方病得到了有效控制。建国后小江流域相继发生过各种各样的地方病（比如甲状腺肿大、疟疾、恙虫病、斑疹伤寒、麻风病），但近几年除了流行性感冒、痢疾等常见的流行病外，很少有象百日咳等的流行病了。

### d) 废弃物以及垃圾

小江流域盛产铜、锌等有色金属。但是在采掘业、化工原料以及化学制品制造业、金属冶炼业等的生产现场，由于固体废弃物处置不合理，形成了主要污染源。铜矿生产、冶炼主要集中在东川。流域内的人们对生活垃圾处理的认识淡薄，市政又没有积极的垃圾回收服务。好不容易建起来的排导槽，甚至成为生活垃圾随意抛弃的垃圾箱。

## 6) 教育

云南省人口增长率高于全国平均水平，受教育程度又低于全国平均水平。2003年7月云南省政府在全国率先出台了《云南省农业人口独生子女奖励暂行规定》，从8月起在34个县（市、区）试点实施。通过独生子女优先升学、给与奖励、免除教育

费、提供生活补助等各种优惠奖励措施，新生人口减少的同时，家庭的教育费用负担也会减轻。

### 第3章 土砂灾害治理以及自然环境修复现状

#### 3.1 组织机构以及法律法规

##### 3.1.1 相关法律法规

在土砂灾害以及自然环境修复方面，中国近年在逐步建立和完善法律法规体系，其中具有代表性的法律法规有下述 10 个，作为土砂灾害治理、防洪防汛、水土保持、森林保护、造林、环境保护和生态恢复等项目规划、实施和管理的法律依据。

表 R 3.1.1 土砂灾害治理以及自然环境修复相关法律法规

法律法规	施行日期	内容
水法	2002 年 10 月 1 日	为合理的开发、利用、节约和保护水资源，防治水害，实现水资源的可持续利用，适应国民经济和社会发展需要而制定的法律。
防洪法	1998 年 1 月 1 日	中国最初的自然灾害防治相关的法律。防洪规划、防洪活动实施、管理相关的法律。
防汛条例	1991 年 7 月 2 日	汛期洪水监测、防洪、避难、应急、救助等工作和实施体制相关的法律。
河道管理条例	1988 年 6 月 10 日	为防治洪水灾害，有效利用江河湖泊综合效益，实施河道管理而制定的法律法规。
水土保持法	1991 年 6 月 29 日	保护水土资源，减轻水、旱、土砂灾害，改善生态环境，防治水土流失，监督水土保持相关的法律。
地质灾害防治条例	2004 年 3 月 1 日	滑坡、泥石流等地质灾害防治、监测、预防、管理相关的法规。
森林法	1998 年 4 月 29 日修正	为保护森林资源，加快绿化速度，加强森林经营、保护、造林、采伐等的管理而制定的法律。
环境保护法	1989 年 12 月 26 日	保护国民健康，保护和改善生活环境和自然环境，防治环境污染和控制公害，实施环境保护和监督管理相关的法律。
退耕还林条例	2003 年 1 月 20 日	为规范退耕还林活动，保护退耕还林者的合法权益，巩固退耕还林成果，优化农村产业结构，改善生态环境，而制定的法规。
环境影响评价法	2003 年 9 月 1 日	为了防止建设项目实施后对环境造成不良影响，对建设规划和项目进行环境影响评价相关的法律。

随着上述法律法规的建立健全，土砂灾害治理以及自然环境修复的法律依据已经基本具备，问题在于今后如何确确实实地依法执行。此外还需要进一步完善资金来源和实施体制。

##### 3.1.2 组织机构

###### 1) 土砂灾害治理以及自然环境修复相关的组织机构

中国的行政机构基本上是横纵结合、双重管理的组织体系。横向机构为省、地市、县、乡镇、村等各级政府以及行政职能部门，纵向为部、厅、处、科等各级行政主管部门。地方行政主管部门隶属于横向的地方政府，同时在技术指导、人事指导、预算分配方面接受上级行政主管部门的管理。

与小江流域的土砂灾害治理、自然环境修复关系最为紧密的是三县区的水务局，林业局、国土资源局、农业局等的关联程度也比较大。这些行政部门之间的关系如下。

表 R 3.1.2 流域管理所涉及的主要行政部门

行政职能	防洪、水土保持管理、河道管理、水资源管理	林地（森林）管理、造林	土地利用管理、土砂灾害管理、钹山管理、地质灾害管理	农业管理
中央政府	国家水利部	国家林业局	国土资源部	农业省
省政府	省水利厅	省林业厅	省国土资源厅	省农业厅
市政府	市水力局	市林业局	市国土资源局	市农业局
县区政府	县区水务局	区县林业局	区县国土资源局	区县农业（农牧）局

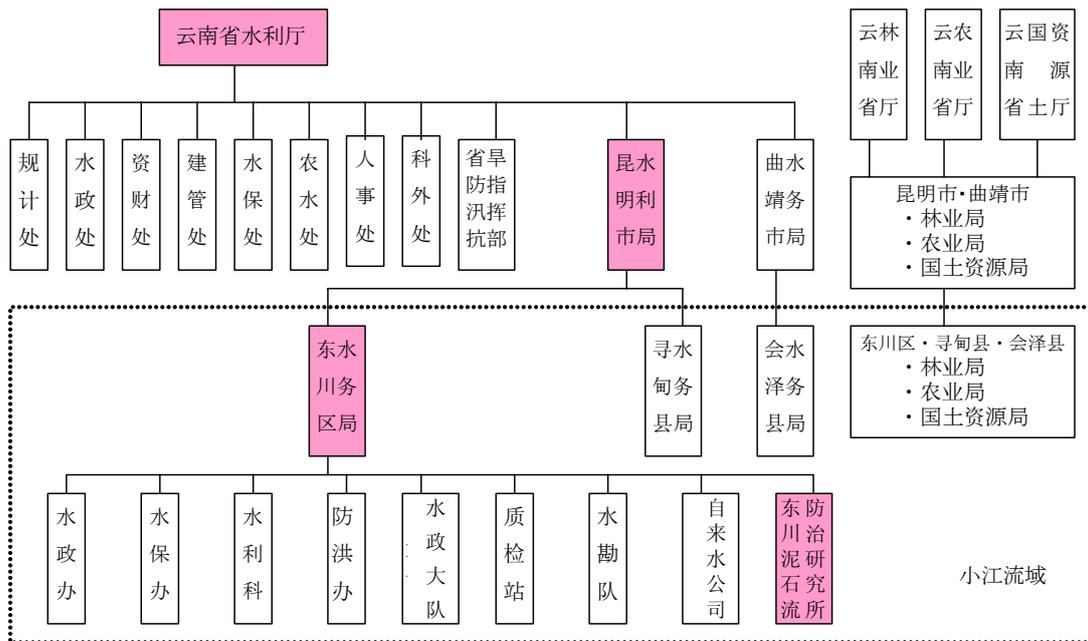


图 R 3.1.1 水利厅与水务局的隶属关系

## 2) 组织机构方面所面临的课题

小江流域土砂灾害治理以及自然环境修复，在组织机构方面面临下述课题：

### a) 没有专门机构

小江是一条地跨两市（昆明市、曲靖市）三县区的河流，需要省统一管理。但云南省没有负责管理小江流域的专门机构，目前由流域内的三县区分段管理。由于对土砂灾害的认识和财力不同，县区间的管理状况也有很大的差别。东川区总面积的 80% 在小江流域，泥石流、滑坡灾害严重，很早就成立了东川泥石流防治研究所，进行土砂灾害的调查研究 and 开展土砂灾害治理工作。与此相比，会泽县和寻甸县实施的治理工作较少。

### b) 部门之间缺乏配合合作

小江流域地跨三县区，区县间的配合是必不可少的。土砂灾害和水土保持涉及到水利、林业、国土、农业等政府部门，这些部门必须紧密配合。目前的现状是部门之间、区县之间有一定的自发性配合合作，但没有形成制度化，配合合作还不充分。

例如优先小流域之一的桃家小河，上游在会泽，占流域面积的 80%；下游在东川，占流域面积的 20%。由于区县之间的配合合作不足，至今治理没有什么大的进展。另外，地质灾害治理由国土资源局负责，河流灾害的治理由水务局负责。一般情况下，滑坡和泥石流等地质灾害发生后，都是顺流而下，不断扩大受灾面积，因此需要从山坡到河流实施综合治理。实施综合治理，水务局和国土资源局的紧密配合是必不可少的，从目前的情况来看还谈不上充分的配合合作。

### c) 预算不足，资金来源不稳定

水土流失治理投资规模大，工期长，充足稳定的资金来源非常重要。云南省水利厅和东川区水务局等相关政府机关的财政预算，职员工资和行政经费占一大部分，事业经费较少。例如，人口多，工矿业和烟草业发达，财政收入较好的会泽县，水务局的年度事业经费在 1000~8000 万元之间，而东川区和寻甸县仅有 300 万元左右。各县区的土砂灾害治理相关项目经费，每个项目都是向国家、省、市的有关单位部门申请。项目向经济计划委员会、财政部、水利部、国土资源部、省政府等多个部门申报，确保稳定的资金来源比较困难。

## 3.2 工程治理

### 3.2.1 工程治理

#### 1) 工程治理现状

在泥石流频繁发生的小江流域，为了保护村庄、公路和铁路等保护对象，采用了拦沙坝、导流槽、护坡、导流堤、固床坝、谷坊等工程治理设施

中国对各种工程设施的定义、功能和效果如下：

- 拦沙坝 拦沙坝是布设于泥石流主沟或主要支沟中，高于 5 米的横向建筑物。拦沙坝可以拦挡泥沙，削弱泥石流的活动强度，调节泥沙输送。又可以提高沟床侵蚀基准面，稳定崩塌、滑坡体坡脚。还可以拓宽沟床，降低沟床纵坡，减小下泄泥石流固体物粒径，对沟床演变有调节控制作用。
- 导流槽 导流槽是设置在泥石流形成段、流通补给段和堆积段，起到分离水土、固定沟床、稳定两岸崩塌滑坡体和沟床堆积物作用的顺流向框架结构建筑物。
- 护坡 护坡是沿河道侧岸布设的纵向建筑物，用于防止泥石流和洪水侵蚀不稳定坡面、滑坡体坡脚和崩塌堆积物。
- 导流堤 导流堤主要布设在泥石流堆积段，通过约束泥石流和改变流向，使泥石流安全顺利地通过堆积扇，从而使建筑物、民房和耕地免遭泥石流的危害。
- 固床坝 床固工布设于泥石流主沟或主要支沟中，用于固定沟床、调整沟床纵坡、防止沟岸侵蚀的高度 0.5~2 米的横向建筑物。
- 谷坊 谷坊是布设于泥石流沟上游形成区或支沟中，减缓纵坡、防止沟床侵蚀、稳定岸坡，高度 5 米以下的横向建筑物。多以阶梯状谷坊群设计布置。

流域内的泥石流治理从上世纪六十年代开始。1964 年，东川市区南侧的石羊沟发生灾害，8 人死亡。从 1965 年开始东川区修建了拦沙坝、排导槽、谷坊等建筑物，治

理泥石流，肋板和河堤组合而成的排导槽是中国首创技术。位于东川市区北侧的大桥河泥石流治理工程从1976年开始，截至1995年，在清水沟、浑水沟两条支沟和大桥河主沟修建9座拦沙坝、3座固床坝、214座谷坊和长6400米的排导槽，并结合实施人工造林、退耕还林和封山育林等生物治理工程。该治理工程作为缓解土砂灾害、流域生态恢复、丰产农田开发的成功范例，被称为东川治理模式，2000年3月受到财政部的表彰。

除上述两个小流域之外，为了保护人口密集区域、干线公路、铁路、农田等，东川区还在小水沟、热水塘沟、深沟、黑水河等流域实施了治理。然而，会泽县和寻甸县基本上没有实施工程治理。1976~2000年的25年间，小江流域实施的主要治理工程见表R3.2.1。

表 R 3.2.1 小江流域实施的主要工程治理项目 (1976~2000年)

县区	流域名	实施期间	投资 (千元)	工程设施					
				拦沙坝 (座)	排导槽 (m)	护坡 (m)	导流堤 (m)	固床坝 (座)	谷坊 (座)
东川区	小水沟	1989-1991	390	5	0	60	-	5	8
	大桥河	1976-1995	2,630	9	6,400	400	-	3	214
	热水塘沟	1999	220	-	150	-	-	1	0
	田坝干沟	-	-	2	-	-	-	-	-
	深沟	1984-1997	4,000	10	5,590	-	-	-	-
	石羊沟	1982-1994	4,110	2	3,580	1,523	-	-	284
	腊利河	1994-1998	1,490	4	-	-	-	-	6
	老龙箐	1999-2000	1,740	1	500	-	-	2	0
	李家湾沟	1999-2000	2,064	5	1,600	-	-	1	5
	汪家箐	1994-1997	740	3	50	-	-	2	1
	老干沟	1991-1997	1,280	2	980	-	-	4	8
	达德河	1984-1996	760	7	-	800	-	14	7
	黑水河	1984-1997	2,150	5	1,600	780	-	27	9
	小石洞沟	1994-1997	320	2	-	-	-	-	1
	桃家小河	1999-2000	850	1	-	-	-	-	-
	落戈沟	2000	600	1	-	-	-	-	8
	黑沙沟	1991-1996	1,250	2	252	-	-	14	8
	阿旺小河	2000	1,460	2	60	200	-	5	0
拖沓沟	1987-2000	1,170	5	-	-	-	2	2	
吊嘎河	1994-1997	1,130	2	155	86	-	-	-	
会泽县	陈家沟	1995	-	1	2,100	-	-	-	-
寻甸县	老干沟	1991-1995	1,920	6	3,050	-	-	-	82
	街子河	1996-1998	-	1	1,145	-	-	-	-
合计			28,210	78	27,212	3,849	-	80	643

资料来源：东川泥石流研究所25周年纪念  
云南小江泥石流综合考察及防治规划研究  
调查团收集的资料

除了上述工程设施之外，2000年以后，在石羊沟支沟得莫沟、黑水河支沟、三家村沟、桃家小河、阿旺小河（东川区内）、沙湾大沟（寻甸县内）等流域各建拦沙坝1座。小水沟、达朵河（东川区内）修建了排导槽，蒋家沟（东川区）和沙湾大沟（寻甸县内）的下游修建导流堤。蒋家沟修建的导流堤属于修复工程，过去的导流堤在2002年8月被泥石流冲毁。

## 2) 现有工程设施调查

以小江全流域为对象，对现有工程设施、土砂堆积状况和有无破损进行了全面调查。现有 67 座拦沙坝、28 处排导槽和 2 条导流堤的位置以及调查结果见图 3.2.1 和表 3.2.1~3.2.2。调查结果概要见表 R3.2.2。

表 R 3.2.2 现有工程设施调查结果概要

### 拦沙坝

县区	调查数量	拦沙坝的形式			土砂捕捉情况		坝高			堆积状况		状态	
		重力式	重力拱形	过滤式	非通过型	通过型	10m以下	10m~15m	15m以上	淤满	未淤满	良好	有磨损和破损
东川区	65	59	5	1	54	11	29	26	10	52	13	40	25
会泽县	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-
寻甸县	1	1	-	-	1	-	-	-	1	-	1	1	-
合计	67	60	6	1	56	11	29	27	11	52	15	42	25

### 排导槽

县区	调查数量	槽底加固		深度		底宽		长度		淤积状况		状态	
		有	无	3m以下	3m以上	5m以下	5m以上	500m以下	500m以上	没有少量	大量	良好	有磨损和破损
东川区	22	10	12	14	8	12	10	12	10	17	5	16	6
会泽县	1	-	1	1	-	-	1	-	1	1	-	1	-
寻甸县	3	2	1	2	1	2	1	-	3	2	1	2	1
合计	26	12	14	17	9	14	12	12	14	20	6	19	7

### 导流堤

县区	调查数量	形式		高度		长度		淤积状况		状态	
		靠壁式	重力式	3m以下	3m以上	2,000m以下	2,000m以上	没有少量	大量	良好	有磨损和破损
东川区	1	1	-	1	-	-	1	1	-	1	-
会泽县	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
寻甸县	1	-	1	-	1	1	-	1	-	1	-
合计	2	1	1	1	1	1	1	2	-	2	-

## 3) 目前工程治理存在的问题点

由于资金有限，偏重于人工造林和退耕还林等生物工程治理。从流域面积和荒废程度来看，工程设施的绝对数量远远不够。现有设施存在下述问题：

- 拦沙坝和排导槽溢流口的磨损、防冲铺砌的破损和底部破损会直接影响到设施整体的安全，必须尽快维修保养。
- 上游的水土流失治理率较低，现有排导槽的断面过小，不能安全排导泥石流洪峰流量。
- 一部分排导槽由于泥沙淤积，过流能力降低。必须清理泥沙以便维持设施的正常功能。
- 堆积扇上布设的固定河道的排导槽，不是挖下去的，而是筑堤或箱形槽，在结构上比较脆弱。

### 3.2.2 造林

#### 1) 造林状况

小江流域以 1989 年开始实施的长江中上游防护林体系建设为契机，通过后来实施的天然林保护工程、退耕还林工程等国家项目，各县区林业局积极推进造林事业。长江中上游防护林体系建设项目在造林的同时还实施封山育林（禁止放牧、禁止砍伐）1998 年开始实施的天然林保护工程，全面禁止天然林砍伐的同时实施造林。2000 年开始实施的退耕还林项目，原则上 25 度以上坡耕地退耕还林。

通过这些项目的实施，例如东川区森林覆盖率从 1990 年的 14.6% 上升到 2001 年的 31.9%。根据 2003 年 9 月召开的东川区第二届人民代表大会上发表的林业发展报告，到 2010 年森林覆盖率由目前的 31.9% 提高到 40% 以上。再用 20 年的时间，到 2030 年森林覆盖率提高大 50% 以上。（森林覆盖率 50% 相当于现有林业用地面积的 91%）目前为止的造林项目栽种的树种有：1600 米以下的干热河谷栽种新银合欢、金合欢、赤桉、台湾相思等，以及石榴、柑桔、小枣、葡萄等经济林木；1600~2800 米针叶阔叶混交林带的主要造林树种为云南松、华山松、栎类、黑荆、圣诞以及核桃、樱桃等经济林木。2800~3500 米高山针叶林带主要造林树种为云杉、冷杉、高山松。

#### 2) 造林所面临的课题

小江流域的造林工程面临下述课题：

##### a) 森林依然较少

由于资金投入不足，造林进展缓慢，森林面积仍然较少。根据调查团的推测，小江流域森林不到全流域面积的 1/4，荒山荒坡面积基本上也是同样程度。

##### b) 森林的多重功能还未体现

目前森林规模小，体系不完整，对生态环境的影响较弱，森林效益（生态效益、社会效益、经济效益）还没有充分发挥。

##### c) 森林破坏行为还没有完全杜绝

林地内小规模偷砍盗伐、采矿、采砂、采石等活动依然存在，必须强化森林保护和管理，加强宣传教育，提高居民的意识，促进其配合的同时，在推广沼气池和节能改灶方面，加强对农民的扶助也非常重要。

##### d) 造林技术和经营管理水平落后

林业技术和经营管理技术在下列几个方面还比较落后：

- 自然环境恶劣的干热河谷和亚高山寒冷地区的造林技术
- 植被在抑制水土流失、泥石流灾害中的效益预测
- 经济林木栽培管理实用技术的推广普及
- 森林的经济效益、社会效益、生态效益的开发和经营管理技术
- 退耕还林有关的经营管理技术

### e) 造林以及保护管理设施不足

低海拔区域，由于水源不足，树苗栽植后会枯死。造林实施后，由于没有林道、通信器材、管护房等设施，管护作业效率低，有些地方还管护不到。

## 3.3 非工程治理

小江流域的非工程治理措施有防灾避灾体制、居民搬迁、流域和河道管理等。此外还将以蒋家沟为重点，论及小江流域的泥石流观测和研究情况。

### 3.3.1 防灾避灾体制

小江流域的防灾避灾体制有两个系统，即以滑坡、泥石流为主要监测对象的群测群防和针对洪水进行的防洪活动。地质灾害（土砂灾害）的群测群防以国土资源局的地质环境科，防洪活动以设置在水务局的防汛抗旱指挥部办公室为中心开展。在此首先对土砂灾害和洪水灾害前期警戒体系中必不可少的气象局降雨预测进行介绍，然后说明防灾避灾的两个系统。

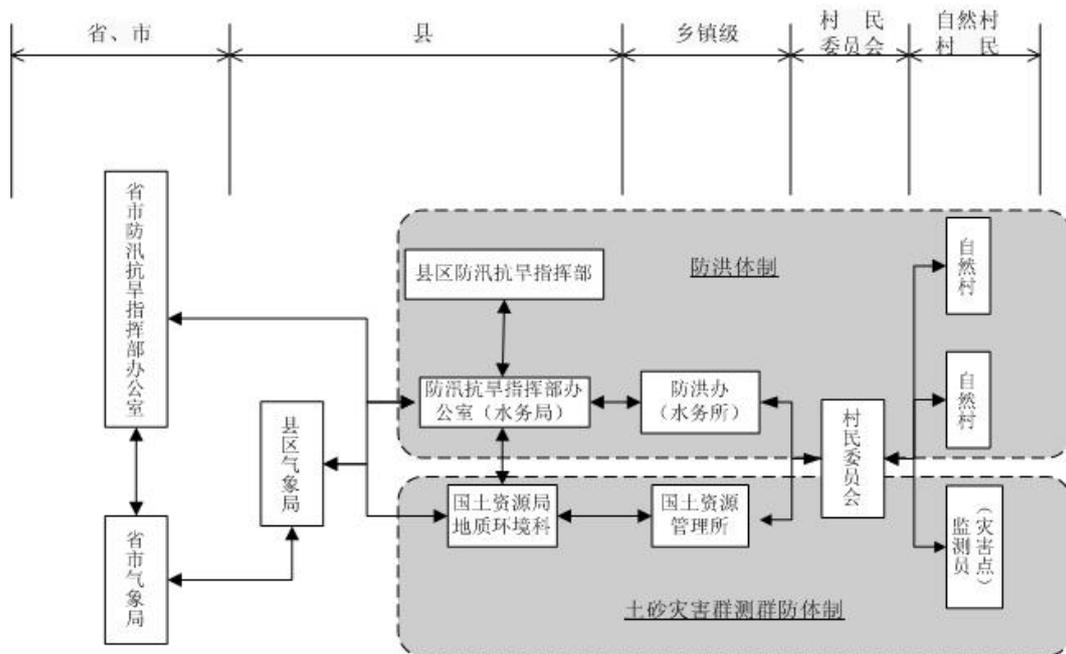


图 R 3.3.1 土砂灾害群测群防体制和防洪体制的信息传输网络

#### 1) 气象局的降雨预测状况

各县区政府所在地都设有气象局，进行降雨、气温、气压等气象观测，为辖区内的电视台和有关单位提供天气预报信息。当预测到 24 小时内有大雨（25~50mm）或暴雨（50mm 以上）时，向防汛抗旱指挥部和国土资源局通报。

天气和降雨预测主要利用风云 2 号卫星云图、雷达图像、气象局的观测数据、以及国家、省、市气象局提供的气象信息。云南省共设置了 6 座多普勒雷达，昆明市的东川区和寻甸县从昆明市气象局、曲靖市的会泽县从曲靖市气象局，通过英特网获取雷达观测资料。昆明市和曲靖市的多普勒雷达都覆盖了小江全流域。目前云南省气象局和

市县气象局之间的光纤通讯线路正在铺设，预计明年 6 月开通。通过光纤可以快速传输包括其他区域的雷达信息在内的大量气象信息。

通过引进气象预报雷达，降雨预测的准确度有所提高，但还达不到令人满意的精确。据东川气象局的汇报，大雨（25~50mm）以上降雨预测的准确度为 20%左右。东川区气象局还提出了下列提高准确度的策略。

- 提高卫星和雷达图像的解析能力
- （国家、省、市）等上级气象局提供更多的信息
- 引进自动气象观测站

## 2) 土砂灾害群测群防体系的现状

小江流域目前实施的地质灾害对策，以称作群测群防的土砂灾害危险灾害点（重点地区）的监测为中心。该体制，首先确定滑坡、泥石流的危险灾害点，各灾害点配置 1~2 名由村民委员会任命的监测员，监测灾害征兆。

一旦发现异常情况，如图 R3.3.1 所示，村委会、乡镇国土资源管理所、国土资源局地质环境科逐级上报。需要撤离时，在监测员的引导下，居民进行撤离。信息传输基本上依靠电话（固定电话和手机），不通电话的灾害点，监测员步行去村委会汇报。大雨等气象预报，通过相反的流程传达到各灾害点。

灾害点的确定，首先以县区为单位，各乡镇政府上报灾害点，在昆明市环境监测总站和东川区泥石流防治研究所的协助下调查确认。例如，会泽县小江流域范围内共确定了 88 个灾害点（其中包括滑坡灾害点 67 个、泥石流灾害点 7 个）。这些灾害点调查确认资料，提供给民政局、扶贫办和发展计划局，以便搬迁和扶贫项目作参考。

监测员的职责为灾害点的监测、灾害发生时引导居民撤离、日常进行宣传活动。该系统的成功与否取决于监测员的素质保证。为此，国土资源局每年在雨季来临前，委托昆明市环境监测总站以及东川区泥石流防治研究所对监测员进行培训。根据各县区国土资源局的介绍，监测员原则上由灾害点上居住的村民小组组长或村民委员会干部担任，虽然没有补助，但为了保护自身的生命安全，积极性很高。但实际的实施情况，并没有具体的数据可以说明。

这样的土砂灾害群测群防体制，从 90 年代后期开始运作，关于有效程度的评价，目前为止运作时间还较短，也有两三例及时发现滑坡征兆避免了灾害损失的报告。但泥石流征兆比较难发现。

## 3) 防洪体系

各县区都设置了副县（区）长担任指挥长，水务、国土资源、农业、林业、公安、民政、发展计划、交通等有关部门负责人为成员的防汛抗旱指挥部，指挥部办公室设在水务局，雨季（5 月 1 日~10 月 31 日）24 小时值班，如图 R3.1.1 所示的流程，从有关单位获取灾害相关的信息，然后指示有关单位采取相应的对策，动员民兵应急分队进行实际的防洪活动。

信息传输基本上使用电话（固定电话和手机）。近几年，随着移动电话的快速普及，防洪活动中也积极活用移动电话进行信息传输。各县的林业局还有与各乡镇的林业工作站连接的 VHF 无线网络，可以作为电话的备用通讯工具。

为了预防灾害，积极收集天气、雨量、水位等气象水文信息也极其重要。为此会泽县在各乡镇和各水库设置了雨量表，洪水发生时，通过电话收集降雨信息。然而东川区

和寻甸县目前还没有设置雨量计，只有气象局的天气和降雨信息，以及通过各乡镇政府提供的当地信息。

#### 4) 防灾避灾体系所面临的课题

##### a) 观测系统不足

防灾避灾体系中最重要的是及早发现灾害预兆，通知有关单位和居民进行警戒或者避难。特别是对突发性灾害而言，尽早发现灾害预兆是防灾避灾成功与否的关键所在。但现有的体系主要依靠气象局的预测预报，缺乏观测设施，在精确度和速度方面距离令人满意的程度还相距甚远。由此可以想象出，对泥石流和滑坡等局部突发性灾害还不能很好的应对。降雨是灾害发生的最主要因素，因此急需在数量和质量方面改善观测系统，从而及时准确的观测降雨情况。

##### b) 群测群防的限度

群测群防是观测仪器设备不足的情况下，采用的人海战术体系。对于运动比较缓慢的滑坡，能够妥善运用的话，还是非常有效。相关人员也介绍到，也有过事先发现征兆，没有形成重大损失的成功事例。但对于突发性泥石流灾害，效果不会太好，事实上目前的观测重点也是针对滑坡灾害。确保群测群防系统的妥善运用，监测员的技术水平和责任感至关重要，为此有必要给与适当的报酬，配备必要的器材并进行必要的培训。但是无论技术水平多高和责任心多强，但仍有很多不利条件，例如 4.1.2 节中将会谈到的，小江流域夜间到清晨的降雨相对集中。

### 3.3.2 居民搬迁

中国政府将搬迁作为土砂灾害治理与扶贫开发的重要手段，积极开展实施搬迁项目。另外还有小规模居民自发性搬迁。以下对这些搬迁项目进行说明。

#### 1) 搬迁项目实施体制

各县区的民政局、发展计划及和扶贫办都在实施搬迁项目。发展计划局和扶贫办实施的搬迁以改善生活条件为主要目的，民政局实施的搬迁以防灾避灾为主要目的。

根据乡镇政府和国土资源局提供的资料确定搬迁对象。关于安置地，以前也有过将农户搬迁到云南西南部的德宏州和西双版纳栽种甘蔗，但近几年主要在本乡和本村范围内搬迁。搬迁时，政府给与一定的补助用于建设房屋、道路和供水设施等，补助标准为 1 户 3000~5000 元，也有 1 人 2400~5000 元，县区不同、实施机关不同，补助标准也不同。

#### 2) 搬迁的实际业绩

小江流域内 2001~2003 年的 3 年间共计搬迁 2900 户（大约 11000 人），按照年平均 1000 户（大约 4000 人）的进度在实施搬迁。从各县区搬迁业绩来看，财政状况较好，政府补助较高的会泽县的搬迁业绩和进度，与会泽县在小江流域的面积相比，相对较高。

然而尽管有关部门在积极努力，但小江流域还有几万人需要搬迁。

表 R 3.3.1 小江流域内的搬迁业绩 (2001~2003 年)

县区	东川区			会泽县	寻甸县			合计
	民政局	发展计划局	小计	扶贫办 发展计划局	民政局	扶贫办	小计	
户数	958	388	1,346	942	约 500	115	约 600	约 2,900
人数	约 3,500	1,452	约 5,000	3,603	约 2,000	432	约 2,500	约 11,000
政府补助	3000 元/户	不明	-	5000 元/人	5000 元/户	2400 元/人	-	-

### 3) 搬迁工作所面临的课题

搬迁工作面临下述两个重大的课题

#### a) 寻找安置地的难度大

根据当地政府的预测,今后有数万人需要搬迁,但今后能否为这么多人找到合适的安置地点是所面临的最大的课题。过去也组织搬迁到较远的地方,但近几年,由于搬迁居民生活所依靠的农田难以保证,主要在本村本乡范围内搬迁。这样,搬迁后还可以耕种原有的土地。实际上不仅仅是耕地的问题,有数万人需要搬迁,在居住地的周边能否寻找到安全的房屋村庄建设用地还是一个很大的问题。

#### b) 对搬迁条件的不满

根据 4.4 节的社会调查的结果,搬迁居民对搬迁项目的反映,总体来讲因为危险没有办法只有搬迁,反映有些消极,但还是持有肯定的态度。对搬迁项目的不满部分主要有搬迁后离自己耕种的农田太远、搬迁开支使拥有的财产减少、政府补助建设的房屋不太好等。

### 3.3.3 流域、河道管理

伐薪炼铜、农田开垦、砍伐森林作柴火、过度放牧、公路建设等人为活动导致小江流域的流域荒废是众所周知的事实。中国政府近年,相继制定并公布了水土保持法和森林法以及相应的实施细则,积极开展工程和生物治理,强化流域管理避免进一步恶化。下面简要概述水土保持、森林保护以及河道管理情况。

#### 1) 水土保持监督管理现状

各县区设立了由县政府、水务局、林业局、国土资源局、农业局等组成的水土保持委员会,设在水务局的水土保持办公室作为常设机构负责办理日常事务。主要职责见表 R3.3.2。监督管理等实际工作,以各乡镇设立的水务所为主体开展,水土保持法的执法检查由水政监察大队负责。

根据各地水务局的情况介绍,近几年几乎没有水土流失严重、影响恶劣的建设项目和采砂、采石、采矿等活动,但小规模的私人行为还难以取缔

表 R 3.3.2 水土保持监督管理

主要活动	概 要
水土保持项目实施	工程治理、造林的规划编制及实施
建设项目水土保持方案审批	关于县区级建设项目，组织有关专家组成的评审会审议批准建设单位提交的水保方案，（县级以上项目由国家、省、市水保办审批）。建设单位如果没有能力编制实施水保方案，由水保办征收费用，统一组织实施。
监督管理	进行监督管理，避免因建设项目、采砂、采石、采矿等活动引发水土流失。每 5 年对水土流失状况进行一次实地调查或者遥感调查。
宣传活动	7 月分被定为水土保持月，通过电视、标语以及宣传资料等宣传水土保持的重要性。

## 2) 河道管理现状

小江是长江一级支流，小江及其支流原则上由各县水务局负责管理辖区内的河段。涉及到两个以上行政区域的情况下，由共同的上一级协调管理。比如涉及到东川区和寻甸县的事项，由共同的上级机关昆明市水利局协调管理。然而涉及到昆明市东川区和曲靖市会泽县的事项，由共同的上级部门云南省水利厅协调管理。

在水务局内部，河道管理由防洪办和水政监察大队共同实施。具体的管理活动包括：依照河道管理条例审批河道内的道路建设以及采砂、采石、建筑等活动，指令拆除河道内的障碍物，河堤的管理等。与水土保持一样，县级以上项目的审批业务，根据项目的规模分别由长江水利委员会、省水利厅或者市水利局的防洪办负责审批。

根据各县水务局的介绍，河道管理方面基本没有什么问题，能够顺利开展。但是与水土保持的监督管理一样，小规模私人行为还难以全面取缔。

## 3) 森林保护管理现状

森林保护管理属于林业局职能范畴。县林业局内部一般由林政科负责，涉及到违法犯罪的案件由森林公安分局负责处理。各乡镇设有林业工作站，通过林业工作站管理护林员，接受委托的护林员巡查封山育林区的盗伐和放牧行为。小江流域有 1000 多名护林员，每人的管护面积为 1000~1500 亩，报酬根据管护区域的难易程度确定，月平均报酬为 60~250 元。

据林业局介绍，随着上述管理体系的建立健全、居民对森林保护的意识提高以及违法行为的重处，盗伐、放牧行为已经很少。但从第 4 章中的居民研讨会结果来看，由于生活艰苦，砍柴、放牧等破坏森林的行为还在依然持续。

## 4) 流域、河道管理所面临的课题

在流域、河道管理方面，居民的参与配合是一个非常重要的课题。

### a) 居民参与配合的重要性

近年通过法制建设，水土保持监督管理、河道管理、森林管护都有了法律依据，系统化管理已初见成效，大规模的恶性违法行为已不存在，但小规模私人行为还依然持续活动。

今后进一步提高管理效果，需要更加严厉的取缔。但包括小规模违法行为的完全取缔，需要投入大量的人力物力，估计非常困难。这些活动大多是当地的居民引

起的，因此在长期的流域、河道管理中，居民当作自我保护一样的配合合作是必不可少的。为此，不仅需要对居民进行宣传教育，还需要推广沼气的普及利用等扶贫措施。

### 3.3.4 泥石流观测研究

在小江中游右岸支流的蒋家沟，中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所设置了东川泥石流观测研究站，从1964年开始长期进行泥石流的观测研究。1987年开始对外开放，90年代与日本京都大学防灾研究所进行过合作研究。近几年的观测活动虽然没有以前那样如火如荼，但观测人员雨季还是住在观测站进行观测。



根据大量观测数据获得的研究成果，运用于小江流域、乃至全国的泥石流治理。蒋家沟粘性泥石流，通过与京都大学防灾研究所的研究合作，在日本也为学术界所知晓，本调查中也运用了与之相关的研究成果。

东川区水务局下属的东川泥石流防治研究所，主要进行与水土保持有关的规划、设计和施工管理。该研究所设有径流试验场，以前搞过土壤侵蚀等试验活动。

## 第4章 基本情况分析

### 4.1 水文水利分析

#### 4.1.1 水文观测

本调查期间实施的水文观测，就雨量、水位、流量、流沙量等进行了观测，现将观测内容和结果作一总结。

##### 1) 观测仪器的设置与制作

如图 4.1.1 所示，本次调查中，在 7 个点设置了水位标尺、6 个点设置了雨量表，2004 年 6 月~11 月进行了降雨量、水位、流量、泥沙量观测。详细观测结果参见《附属报告书 C 水文水利》。

表 R 4.1.1 水文观测地点及观测期间

观测项目	观测期间	观测地点
雨量	6 个月 (6 月~11 月)	见卷末附图 图 4.1.1
水位	6 个月 (6 月~11 月)	见卷末附图 图 4.1.1
流量	2 个月 (7 月~8 月)	与水位观测相同
流沙量 (推移质)	1 个月 (7 月)	小江水文观测站 (小江桥) 与小江口 (格勒)
流沙量 (浮游质)	1 个月 (7 月)	小江水文观测站 (小江桥) 与小江口 (格勒)

#### 4.1.2 降雨分析

##### 1) 最大日降雨量

根据东川气象局的观测记录，最大日降雨量约为 110mm，不包括观测期间较短的滥泥坪观测站。平均年最大日降雨量在 60~70mm。表 R4.1.2 整理出了滥泥坪、落雪、汤丹、新村观测站的年最大日降雨量。

表 R 4.1.2 最大日降雨量

观测站	最大日降雨量	平均年最大日降雨量	平均年降雨天数	海拔(m)	统计期间
落雪	107.9	60.3	91	3,228	1955-1993 (39 年)
烂泥坪	82.7	58.2	122	3,103	1957-1967 (11 年)
汤丹	107.9	66.7	103	2,252	1955-1988 (34 年)
新村	108.6	67.6	74	1,254	1955-2004 (50 年)

##### 2) 降雨集中的时间带

小江流域东川区周边区域受昆明准静止锋的影响，21 点至 10 点为降雨集中的时间带。从降雨次数最多的 10mm 以上降雨来看，降雨频率最高的时间带为 3~5 点。

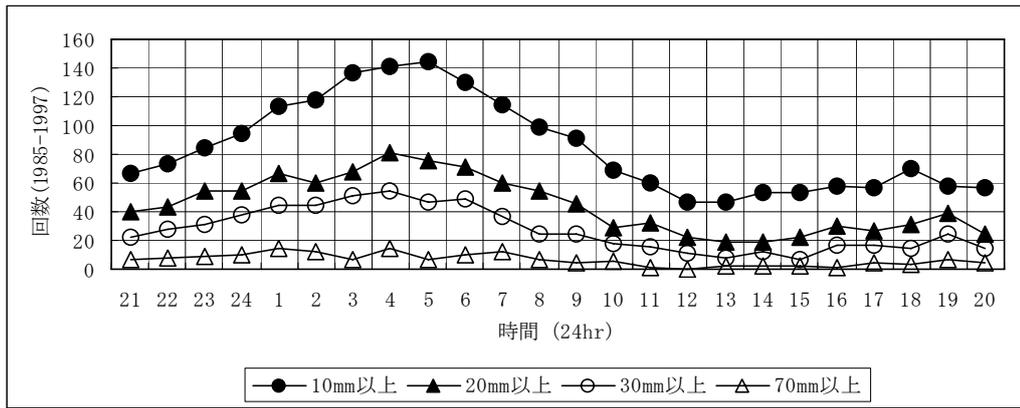


图 R 4.1.1 降雨的时间分布

### 3) 降雨量与海拔的关系

图 R4. 1. 2 显示出年降雨量与海拔之间的关系。正如二者的相关系数  $R=0.883$  所表示，年降雨量随着海拔的升高而增加的关系非常明显。但是，从表 R4. 1. 2 可以看出最大日降雨量与海拔的关系不太明显。

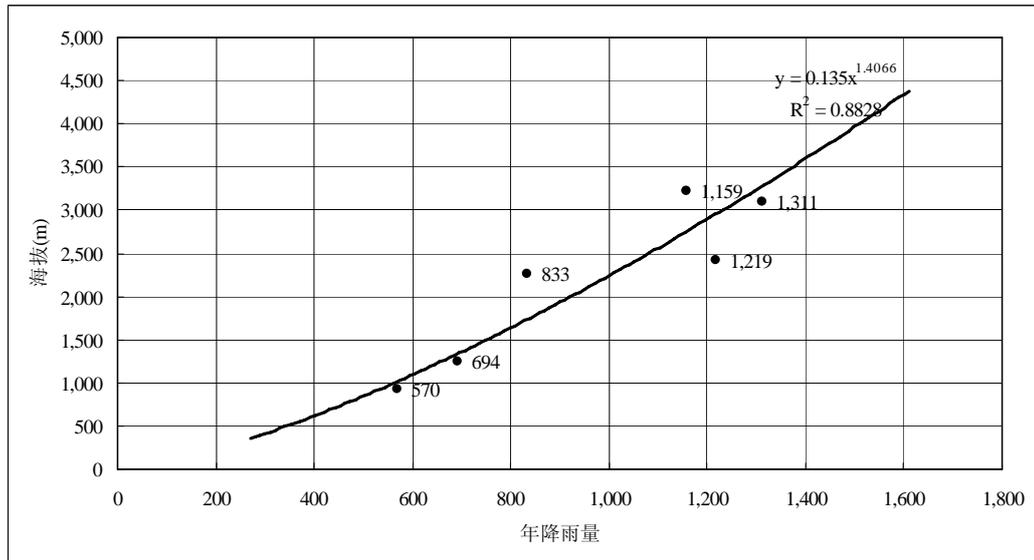


图 R 4.1.2 年降雨量与海拔高度的关系

### 4) 暴雨的空间分布

小江流域暴雨的局域性很强。图 4. 1. 3 对小江流域距离最近的两个雨量观测站—东川区气象局新村站和东川区泥石流防治研究所莫北径流试验场雨量观测站的暴雨雨量记录进行了比较。两个雨量观测站的直线距离不足 5 公里，位置关系参见图 2. 3. 1。从图上可以看出，虽然相隔距离不足 5 公里，但降雨过程有很大的差异。

例如，1991 年 6 月 21 日的暴雨，东川泥石流防治研究所径流试验场的小时降雨量为 24mm，而同一时间新村站的降雨量只有 3mm。相反，1997 年 9 月 18 日，新村站的小时降雨量为 29mm，而同一时间径流试验场的降雨量只有 4mm。两个观测站的小时降雨量相关系数仅有 0.53，两者的相关关系非常低。

## 5) 降雨持续时间

根据东川泥石流防治研究所雨量观测站的雨量记录纸，主要降雨的持续时间较短，大多在 6 小时以内，最长不超过两天。图 4.1.4 汇总了 30mm 以上降雨的运距曲线。

## 6) 各时段降雨强度

根据收集到的东川区泥石流防治研究所 12 年的雨量观测记录纸和东川区气象局的雨量数据，挑选出各时段最大降雨量，并将降雨量换算为小时降雨量。表 4.1.3 为各时段降雨强度的最大值、平均值和最小值。

表 R 4.1.3 各时段降雨强度

时段	降雨强度 (毫米/小时)								降雨强度(毫米/日)	
	5	10	20	30	60	120	180	360	1 日	2 日
平均	63.2	55.7	46.1	34.9	23.3	15.6	11.8	8.1	57.9	35.7
最大	120.0	93.6	63.8	46.0	38.0	28.6	20.0	13.8	108.6	63.4
最小	39.6	36.6	27.3	18.6	10.5	8.5	6.4	4.5	28.6	17.9

## 7) 降雨概率计算

### a) 各时段降雨概率

根据整理出的降雨强度，对每个持续降雨时段的发生概率进行了计算，将计算结果整理为表 R4.1.4。

表 R 4.1.4 各概率年的降雨强度

频率	降雨强度(mm/hr) *注1								降雨强度 (mm/day) *注2	
	5 分	10 分	20 分	30 分	60 分	120 分	180 分	360 分	1 天	2 天
2	59.6	53.6	44.2	33.5	22.2	14.8	11.2	7.7	55.2	33.9
5	79.3	65.0	54.3	40.7	28.4	19.2	14.2	10.1	70.5	42.8
10	92.4	72.6	61.0	45.4	32.5	22.2	16.2	11.6	80.7	48.7
20	105.0	79.9	67.5	50.0	36.5	24.9	18.0	13.1	90.4	54.3
30	112.3	84.1	71.2	52.6	38.7	26.6	19.1	14.0	96.0	57.6
50	121.3	89.3	75.8	55.9	41.6	28.6	20.5	15.1	103.0	61.6
100	133.5	96.4	82.0	60.3	45.4	31.3	22.3	16.5	112.5	67.1

注 1：使用东川泥石流研究所的观测数据。注 2：使用气象局新村站的观测数据

### b) 不同概率年的降雨强度计算公式的推算

将前面整理出的各时段最大雨量按照图 4.1.5 那样构成曲线，降雨强度计算公式（君岛公式  $R=a/(T^n+b)$ ）的系数按最小 2 乘法来推算。推算结果见表 R4.1.8。

## 4.1.3 径流分析

为了确定主河道治理中最基本的洪水流量，进行了径流分析，以下简要概括径流分析结果，详细情况参见《附属报告书 C 水文 / 水理》。

## 1) 建立径流分析模型

### a) 流域划分

以本次调查收集到的五万分之一地形图为基础，先找出直接汇入小江的支流，共有 99 条，进行流域划分。为了保证径流分析模型的精确度，对流域面积 100 平方公里以上的小清河、盐水沟、黄水管、乌龙河等小流域再细分为几个小流域，最终分割出的小流域有 110 个。流域划分结果见图 4.1.6。

### b) 确定径流计算方法

支流流域的径流计算方法采用可以体现地表径流成分、中间流成分和地下水径流成分三个储存层的水箱径流模型，河道汇流滞后计算采用运动波汇流模型。径流分析模型由 127 个小流域（包括 17 个区间面积（注 1））和 25 条河道组成。径流分析模型见图 4.1.7。（注 1：区间面积为将小江流域按其支流分割为若干小流域之后的剩余部分）

### c) 降雨量设定

选择观测期间最长的新村站最为代表观测站，根据面积与降雨量的关系（参考世界气象组织制作的面积与降雨量的关系图）、海拔与降雨量的关系进行扩展，给出各流域的平均降雨。

### d) 蒸发量

小江流域的蒸发量呈现随海拔上升而减小的趋势。因此根据新村、汤丹、落雪三个观测站的观测记录与平均海拔的关系，设定各支流流域的蒸发量。

### e) 再现计算及结果

再现对象选择 1977 年 6 月 21 日发生的历史最大洪水（洪峰流量  $674 \text{ m}^3/\text{s}$ ），《西部山区河滩地开发与保护规划》中记载的流量频率为 50 年一遇。

按照 a) ~d) 的条件，进行了再现计算。模型的常数根据试行错误设定，洪峰流量的计算值和观测值在同一程度。再现计算结果见表 R4.1.5 和图 4.1.8。

表 R 4.1.5 再现计算结果

洪峰流量 发生日期	洪峰流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )		模型中设定的两天的 流域平均降雨量 (小江水文站上游)	两天的雨 量实测值 (新村站)	洪峰到达 时 间
	实测值	计算值			
1977 年 6 月 21 日	674	650	95mm	91mm	大约 8 小时

## 2) 设计洪水流量的设定

### a) 确定设计降雨量

根据 4.1.2 节的降雨分析中计算出的不同概率年的降雨强度公式和两天雨量的降雨概率，作出图 4.1.9 的不同概率下的规划雨量图。各支流流域还根据面积与降雨量的关系、海拔与降雨量的关系对规划雨量图进行了校正。

## b) 设计洪水流量

前面作出的径流分析模型的基础上，将泛滥回流考虑进去，进行了径流分析。分析结果见表 R4. 1. 6 和图 4. 1. 9。

表 R 4.1.6 设计洪峰流量与造峰时间

(流量:m<sup>3</sup>/s, 时间:小时)

地点 频率 (年)	三江口		小江水文站		小江口		块河河口		大白河河口	
	流量	时间	流量	时间	流量	时间	流量	时间	流量	时间
2	362	9:20	481	10:00	631	11:20	145	9:20	194	9:10
5	503	9:00	667	9:20	876	10:00	201	9:00	270	8:50
10	669	8:00	887	8:20	1166	9:00	267	8:00	359	7:40
20	703	8:40	931	9:10	1224	9:50	280	8:40	378	8:20
30	797	8:10	1056	8:40	1390	9:20	318	8:10	428	8:00
50	922	7:30	1221	8:10	1606	8:50	367	7:40	496	7:20
100	1112	7:00	1473	7:20	1932	8:10	441	7:00	599	6:40

注 1: 计算开始时间 (设计降雨的降雨开始时间) 为 23: 00

注 2: 三江口为块河、大白河和乌龙河的汇流点。

### 4. 1. 4 河道过流能力

以本次调查中 2004 年 7 月实施的河道横断测量结果作出的河道断面图为基础，通过一元不等流计算，计算出小江（大白河）以及块河（四甲河）的当前河道过流能力，计算结果汇总于表 R4. 1. 7。详细情况参见图 4. 1. 10 过流能力纵断面图）和图 4. 1. 11 过流能力平面图。

过流能力计算中，首先，用一元不等流计算方式计算出各概率流量产生的水位，再用此流量和水位，求得各断面的流量水位关系公式（H-Q 公式）。然后设定各断面的过流能力的评价高度，有河堤的河段评价高度为河堤顶部的高度，没有河堤的河段为耕地的地面高度。将确定出的评价高度代入前面求出的流量水位关系式中，换算出流量。

小江特别是蒋家沟沟口上游方向~三江口附近的河段（下表中的⑥⑦河段）几乎全段过流能力不到两年一遇洪水。关于块河，下表中列出的河段上的部分地点过流能力较低。表 4. 1. 1 整理出了相应地点的过流能力不足的原因。

计算时，下游端水位（小江为小江口、块河为块河与小江的汇流点）用等流水深进行了置换，然后输入径流解析算出的各种概率下的设计洪水流量。因为是天然河道砂石砾河床，计算使用的糙度系数为  $n=0.030$ 。

表 R 4.1.7 目前河道的过流能力

【大白河·小江】

编号	下游		上游		河段内最低过流能力 (m <sup>3</sup> /s)	设计洪水流量 (二十年一遇) (m <sup>3</sup> /s)
	KP	地点	KP	地点		
①	0.00	小江口	3.50	格勒坪桥下游格	1,990	1,300
②	3.50	格勒坪桥下游侧	10.50	牛坪子上游侧	420	1,200
③	10.50	牛坪子上游侧	25.06	尖山沟沟口	1,030	1,200
④	25.06	尖山沟沟口	29.20	新田坝上游侧	960	1,200
⑤	29.20	新田坝上游侧	32.47	蒋家沟沟口	2,000	1,100
⑥	32.47	蒋家沟沟口	42.83	小清河河口	140	1,100
⑦	42.83	小清河河口	52.86	三江口	370	950
⑧	52.86	三江口	68.55	小白泥沟沟口	430	380
⑨	68.55	小白泥沟沟口	71.50	桃家小河河口	80	380
⑩	71.50	桃家小河河口	98.02	功山小河河口	20	290
⑪	98.02	功山小河河口	111.42	瓦窑村附近	60	75
⑫	111.42	瓦窑村附近	119.92	清水海下游	30	20

【四甲河·块河】

①	0.00	与小江的河流点	22.00	金源乡下游侧	90	280
②	22.00	金源乡下游侧	33.07	沙湾大沟沟口	90	220
③	33.07	沙湾大沟沟口	41.34	治祖河河口	40	110
④	41.34	治祖河河口	53.15	新法村 (最上游)	30	15-40

## 4.2 根据地形图、航片和卫片解读进行地形分析

利用 1974 年绘制的 1:50000 地形图、1979 年 12 月拍摄的 1:28000 航片、2004 年 3 月拍摄的 SPOT 卫星照片 (解像度 2.5m) 进行地形、地被解读, 绘制出山谷次数划分图、地形分类图、崩塌地推移·河床变迁情况图、地被状况图, 并将绘制出的图片 GIS 数据化, 用于生产土砂量的计算、危险泥石流沟的研究、灾害地图的绘制。

### 4.2.1 谷次数区分

绘制山谷次数区分图的目的在于弄清小江流域的山谷发育程度, 并作为土砂灾害治理研究的一个指标。

根据 1:50000 的地形图, 如右图所示, 山谷的最上游部分山谷纵深大于山谷宽度 (即  $b > a$ ) 的就是 1 次山谷。如果达不到 1 次山谷, 但如果认为是土砂生产源的比较深的冲沟或山脊上的皱襞状起伏也从 SPOT 卫星照片上解读出来作为 0 次山谷。

根据上述规定对小江流域进行山谷次数区分的结果, 小江主河为 7 次山谷。包括 0 次山谷在内的山谷总数为 19678 条, 总长度 10667 公里。研究结果见图 4.2.1 以及表 R4.2.1。

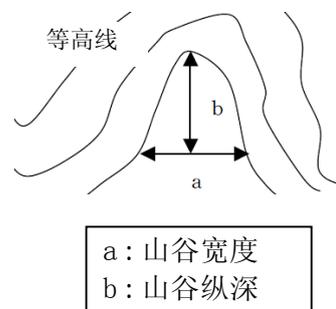


表 R 4.2.1 小江山谷次数区分

项目	0次山谷	1次山谷~7次山谷							合计
		1次山谷	2次山谷	3次山谷	4次山谷	5次山谷	6次山谷	7次山谷	
各次数山谷的长度 (km)	6,159.6	2,484.3	1,012.4	520.0	234.6	93.8	114.8	57.4	4,517.30
各次数山谷的条数 (条)	15,936	2,816	709	164	39	10	3	1	3,742
山谷平均长度 (km/条)	0.39	0.88	1.43	3.17	6.02	9.38	38.27	57.40	1.21
单位面积的山谷长度 (山谷密度 km/km <sup>2</sup> )	2.01	0.81	0.33	0.17	0.08	0.03	0.04	0.02	1.48

#### 4.2.2 小流域主河道的纵坡比降

在第2章中叙述过，小江、大白河、块河主河道的纵坡比降为1/70~1/300。本节中，利用1:50000地形图计算了与主河汇流的95个主要小流域的主沟纵坡比降。计算结果见图4.2.2。95个主要小流域中，纵坡比降1/5以上的约占3成，大约9成是纵坡比降1/15以上的陡坡溪流。

#### 4.2.3 地形分类

为了掌握小江流域的荒废程度，为实际土砂收支量计算提供基础资料以及绘制灾害地图，通过对2004年3月拍摄的SPOT卫星照片（解像度2.5m）的实体可视化进行地形解读，绘制成地形分类图（图4.2.3）。如表4.2.1所示，地形分类中设置了9大类，31小类。

#### 4.2.4 崩塌地形的推移和河道变动情况

对1979年12月拍摄的1:28000航片和2004年3月拍摄的SPOT卫星照片进行比较、解读并且GIS数据化，绘制出崩塌地形的推移和河道变动情况图（图4.2.4），绘制范围为崩塌滑坡多发地区——金源南部至功山一线以北的区域。制图采用的崩塌地推移状况分类设定见表R4.2.2。

表 R 4.2.2 崩塌地形推移状况的分类项目

<崩塌地推移>

分类	说明
新生和扩大的崩塌地形	1979~2004年之间新产生的崩塌地形以及1979年已经存在但在不断扩大的崩塌地形。
持续发展的崩塌地形	1979年和2004年两个时期的照片上都存在的崩塌地形
缩小或消失的崩塌地形	1979年已经存在的崩塌地形，但随着植被恢复，2004年的照片上已经消失或者逐渐缩小的崩塌地形。

<大规模崩塌>

分类	说明
滑坡性崩塌地形	1979~2004年之间发生的土砂量10万~100万立方米，面积和深度较大的滑坡性崩塌。

<河床变动情况>

大分类	小分类	说明
堆积河段	特大	河川上升幅度 12~16 米的河段
	大	河床上升幅度 8~12 米的河段
	中	河床上升幅度最大不超过 8 米的河段
	小	呈明显堆积趋势的河段 (上升幅度最大不超过 4 米)
变化较小河段	呈堆积趋势	没有太大变化, 但呈堆积趋势的河段
	无变化	没有变化的河段
	呈侵蚀趋势	没有太大变化, 但呈侵蚀趋势的河段
侵蚀河段	小	呈明显侵蚀趋势的河段 (最大侵蚀幅度不超过 4 米)
	中	河床下降幅度最大不超过 8 米的河段
	大	河床下降幅度 8~12 米的河段
	特大	河床下降幅度 12~16 米的河段

2004 年的崩塌地形面积比例以及 1979~2004 年的崩塌地形面积变化率 (扩大缩小率) 参见图 4.2.5。根据这些研究成果, 表 R4.2.3 中整理出了小流域的荒废情况。

表 R 4.2.3 从崩塌地形推移看出的小流域荒废情况 (流域面积 5km<sup>2</sup> 以上)

项目	顺位	支流/溪流名称	流域	流域面积 (km <sup>2</sup> )	行政区域	崩塌地形面积比例		
						1979 年	2004 年	增减
荒废流域	1	蒋家沟	大白河	45.5	会泽县、东川区	13.4 %	15.3 %	+1.9 %
	2	大白泥沟	大白河	18.7	东川区	15.9 %	14.4 %	-1.5 %
	3	小白泥沟	大白河	12.3	东川区	22.2 %	11.5 %	-10.7 %
	4	大平村沟	小江	10.5	会泽县	8.2 %	9.3 %	+1.1 %
	5	沙湾大沟	块河	18.5	寻甸县	8.2 %	8.6 %	+0.4 %
荒废程度有所好转流域	1	小白泥沟	大白河	12.3	东川区	22.2 %	11.5 %	-10.7 %
	2	芋头塘沟	大白河	5.3	东川区	5.2 %	2.6 %	-2.6 %
	3	铜厂箐	大白河	8.1	东川区	6.3 %	3.9 %	-2.4 %
	4	老干沟	大白河	8.0	东川区	4.2 %	1.9 %	-2.3 %
	5	黑水河	大白河	12.9	东川区	2.6 %	1.1 %	-1.5 %
荒废程度恶化的流域	1	大田坝	小江	5.5	东川区	4.9 %	8.4 %	+3.5 %
	2	蒋家沟	小江	45.5	会泽县、东川区	13.4 %	15.3 %	+1.9 %
	3	落戈沟	大白河	7.6	东川区	1.6 %	3.4 %	+1.8 %
	4	花沟	块河	6.8	东川区、寻甸县	3.2 %	4.9 %	+1.7 %
	5	阿旺小河	大白河	14.1	东川区	2.1 %	3.6 %	+1.5 %
小江全流域平均				3,058.0		2.6 %	2.4 %	-0.2 %

关于河床变动情况在 4.1.3 中进行考察。

#### 4.2.5 地被情况

为了掌握目前的地被情况, 利用 2004 年拍摄的 SPOT 卫星照片, 绘制了图 4.2.6 地被状况图。各个小流域的地被状况见表 R4.2.4。

表 R 4.2.4 小流域的地被特征 (流域面积 5km<sup>2</sup> 以上)

项目	顺位	支流/溪流名称	流域	流域面积 (km <sup>2</sup> )	行政区域	地被状况 (%)		
						荒山草坡	耕地	林地
荒山草坡较多的流域	1	大平村沟	小江	10.5	会泽县	55 %	16 %	20 %
	2	黑水河	大白河	12.9	东川区	50 %	19 %	29 %
	3	老村沟	小江	11.4	东川区	50 %	31 %	14 %
	4	浪田坝	小江	6.0	东川区	47 %	31 %	16 %
	5	尖山沟	小江	173.1	东川区	46 %	23 %	25 %
耕地较多的流域	1	龙潭河	块河	25.9	寻甸县	16 %	68 %	16 %
	2	老驻基小河	块河	36.6	寻甸县	3 %	65 %	31 %
	3	铜厂箐	大白河	8.1	东川区	29 %	64 %	3 %
	4	甸沙	块河	132.5	寻甸县	3 %	64 %	31 %
	5	大刺蓬沟	块河	6.5	寻甸县	18 %	63 %	17 %
林地较多的流域	1	九公田沟	大白河	12.0	寻甸县	5 %	30 %	64 %
	2	八岔哨小河	块河	9.9	寻甸县	6 %	38 %	55 %
	3	象鼻岭小河	块河	9.8	寻甸县	3 %	41 %	53 %
	4	阿旺小河	大白河	14.1	东川区	12 %	32 %	51 %
	5	额秧小河	块河	14.8	寻甸县	1 %	52 %	45 %
小江全流域平均				3,058.0		27 %	40 %	28 %

#### 4.2.6 海拔划分

小江流域海拔最低点为小江与金沙江的汇流点,海拔 695 米。另一方面,流域周围是海拔 3000~4000 米南北走向的山脉,最高峰为中游西侧分水岭上拱王山脉的火石梁子(又称雪岭),海拔 4344 米。流域内的海拔差为 3650 米。

将 1:50000 地形图的等高线 GIS 数据化,汇制成图 4.2.7 的海拔划分图。小流域的海拔分布特征见表 R4.2.5。

表 R 4.2.5 小流域的海拔分布特征 (流域面积 5km<sup>2</sup> 以上)

项目	顺位	支流/溪流名称	流域	流域面积 (km <sup>2</sup> )	行政区域	海拔带面积比例		
						1,500m 以下	1,500~3,000m	3,000m 以上
1500 米以下海拔带较大的小流域	1	大田坝	小江	5.5	东川区	54 %	46 %	0 %
	2	石羊沟	大白河	18.7	东川区	52 %	48 %	0 %
	3	浪田坝	小江	6.0	东川区	42 %	58 %	0 %
	4	大平村沟	小江	10.5	会泽县	36 %	64 %	0 %
	5	豆腐沟	小江	16.0	东川区	35 %	65 %	0 %
3000 米以上海拔带较大的小流域	1	小清河	小江	340.7	东川区	5 %	57 %	38 %
	2	黄水箐	小江	93.3	东川区	5 %	61 %	34 %
	3	黑水河	大白河	12.9	东川区	5 %	64 %	32 %
	4	沙湾大沟	块河	18.5	寻甸县	0 %	72 %	28 %
	5	老干沟	块河	24.5	寻甸县	0 %	77 %	23 %
小江全流域平均				3,058.0		11 %	81 %	8 %

#### 4.2.7 坡度划分

在此,利用前面作出的等高线数据,求出 100 米间隔网格中各点的高程数据 (DEM 数字高程模型)。使用高程数据绘制出图 4.2.8 坡度划分图。小流域的坡度划分特征见表 R4.2.6。

表 R 4.2.6 小流域的坡度特征 (流域面积 5km<sup>2</sup> 以上)

项目	顺位	支流/溪流名称	流域	流域面积 (km <sup>2</sup> )	行政区域	坡度带面积比例		
						15° 以下	15° ~25°	25° 以上
坡度较缓的小流域	1	黑泥沟	大白河	14.1	寻甸县	86 %	13 %	1 %
	2	龙潭河	块河	25.9	寻甸县	80 %	19 %	1 %
	3	功山小河	大白河	95.4	寻甸县	73 %	25 %	2 %
	4	磨盘山小河	大白河	7.2	寻甸县	71 %	28 %	1 %
	5	甸沙	块河	132.5	东川区	68 %	28 %	4 %
坡度较陡的小流域	1	黄水箐	小江	93.3	东川区	12 %	19 %	69 %
	2	大平村沟	小江	10.5	会泽县	7 %	26 %	67 %
	3	腊利河	大白河	29.4	东川区	13 %	26 %	61 %
	4	新村箐	小江	30.0	东川区	14 %	29 %	57 %
	5	浪田坝	小江	6.0	东川区	16 %	27 %	56 %
小江全流域平均				3,058.0		38 %	32 %	30 %

#### 4.2.8 灾害图

利用地形分类图绘制小江全流域的灾害图。地形分类图所区分出的地形单位上有可能发生的土砂、洪水灾害见表 4.2.2。参考该表，从地形分类图和坡度分类图（图 4.2.8）中找出滑坡、崩塌、泥石流、洪水有可能发生的地形单位，绘制成图 4.2.9 的灾害图。

表 R 4.2.7 灾害图分类科目

分类科目	说明
泥石流·洪水泛滥危险区域	冲积锥、扇形地、支流的洪水台地、沟床坡度 2 度以上的支流河床、山麓堆积斜坡、谷底堆积陡坡、河床（支流、主河）、河谷平原、洪水泛滥平原、洪水台地等为泥石流和洪水泛滥危险区域
滑坡地形	滑坡体 1 和滑坡体 2 划分为滑坡地形。滑坡体前缘开始的一定距离范围内也存在滑落土砂波及的危险。
近几年处于不稳定状态的滑坡地形	滑坡体 3 划分为近几年处于不稳定状态的滑坡体。滑坡体前缘开始的一定距离范围内也存在滑落土砂波及的危险。
陡坡	崩塌与地形分类无关，坡度达到 30 度以上就容易发生崩塌。因此从坡度划分图中挑选出 30 度以上的坡面，划分为陡坡。与滑坡一样，坡脚开始的一定距离范围内存在滑落土砂波及的危险。

### 4.3 土砂分析

#### 4.3.1 实际的土砂收支研究

##### 1) 研究的基本方针

土砂量是土砂灾害治理的基础，确定土砂量就必须根据流域的荒废特征、河道的堆积特征，对土砂的生产量、河道堆积量、流出量等组成要素进行具体的研究。

本节中进行的实际土砂收支研究，利用上节中进行的山谷次数区分、小流域主沟纵坡比降、崩塌地区推移情况、河床变动状况、地被状况、实地调查结果等流域特征数据，首先计算出年平均土砂生产量和河道内的土砂堆积量，沿着小流域→小江主河→金沙江的土砂流出路线追踪土砂的生产、移动现象。

在土砂追踪过程中，生产、移动和流出地点的土砂因孔隙度不同，单位体积重量也有所差异，为避免这些差异所产生的误差，各种土砂量全部换算成重量进行收支计算。在计算中为了考虑粒径差，还将在推移状态下因流速不同，在河道内堆积的粗粒部分和处于浮游状态，不在河道内堆积的细粒部分分开研究。

##### 2) 推算土砂生产量

土砂生产量的定义为土砂生产的同时流入溪流的土砂量。根据以往的报告书结合实地调查小江流域主要的土砂生产源有下述几种形态，据此分别计算实际土砂收支研究中所考虑的土砂生产量。

- 崩塌土砂量（包括山坡崩塌和沟岸崩坏）
- 滑坡性大规模崩塌土砂流出量
- 各种地被状况下的表土侵蚀产生的土砂量
- 0次沟谷（包括深的冲沟）侵蚀产生的土砂量

##### a) 崩塌土砂量

根据两个时期的照片解读绘制成的崩塌地推移图中，新生和扩大的崩塌地的定义为：1979年12月~2004年3月的大约24年间，新产生的滑坡地，或者是已有崩滑地的扩大部分。在实际土砂收支中，将这些新生和扩大的崩塌地所产生的土砂量，换算为年平均量，作为土砂生产量。

对于上一节中计算出的崩塌地面积（表4.2.4），通过实地调查和照片解读结果推算出各规模崩塌地的崩塌厚度（崩塌前斜面至崩塌面的平均厚度）为3~35米，每个小流域的平均崩塌厚度乘以崩塌面积计算出崩塌的土砂生产量。关于土砂残留率，因为崩塌发生前坡面坡度陡，崩塌地的正下方几乎没有土砂残留，因此土砂残留率为0%，崩塌产生的土砂100%移动并流出。每个小流域的崩塌土砂量的统计结果见表R4.3.1。

表 R 4.3.1 年平均崩塌土砂量

流域名称	小江	大白河	块河	小江全流域
流域面积 (km <sup>2</sup> )	1,166.8	1,176.5	714.7	3,058.0
崩塌土砂量 (m <sup>3</sup> /年)	4,075,000	2,337,000	1,212,000	7,624,000
单位面积土砂量 (m <sup>3</sup> /年/km <sup>2</sup> )	3,490	1,990	1,700	2,490

b) 滑坡性大规模崩塌地的土砂流出量

对于 1979 年~2004 年之间明显活动过的土砂量 10 万~100 万立方米的大型滑坡性崩塌地（参见图 4.2.4），推测每一个大型滑坡性崩塌地的崩塌厚度、土砂残留率，并计算出土砂流出量。统计结果见表 R4.3.2。

表 R 4.3.2 滑坡性大规模崩塌的年平均土砂流出量

流域名称	小江	大白河	块河	小江全流域
土砂流出量 (m <sup>3</sup> /年)	2,770,000	923,000	1,332,000	5,025,000
单位面积流出量 (m <sup>3</sup> /年/km <sup>2</sup> )	2,370	780	1,860	1,640

c) 各种地被地表侵蚀产生的土砂量

雨水中渗透不到土壤中的部分形成地表径流，地表径流对土壤的土粒子的剥离搬运现象称为地表侵蚀。侵蚀量与降雨强度、地形、地质、植被、土壤特性等多种要素有关。为此，对地表侵蚀主要因素之一的地被状况，根据绘制出的地被状况图（图 4.2.6）计算出各种地被的面积，然后乘以表 R4.3.3 列出预测地表侵蚀厚度，得出各种地被地表侵蚀产生的土砂量。

表 R 4.3.3 各种地被·各种坡度的年地表侵蚀厚度

项 目	(mm/年)						
	荒废地 崩塌地	裸地	耕地	荒山 草坡	林地 低密度	草地	林地 高密度
四川省试验资料	13~2	7~2	2~0.4	-	-	-	-
四川省农业局资料	-	-	3 (10°)	-	-	-	-
			4 (15°)				
			7 (20°)				
			9 (25°)				
东川区试验资料	-	5	6~ 0.4 (20°)	-	-	0.2~ 0.1	-
日本的研究值	100~ 10	10~1	1~0.1	-		0.1~0.01	
本次研究的采用值	10	-	0.5 (0~6°)	0.2	0.5	-	0.02
			2 (6~15°)				
			4 (15~25°)				
			8 (25~45°)				
			12 (45° 以上)				

资料来源：中国四川省安宁河流域造林规划调查报告书  
东川泥石流防治研究论文集  
东川区试验资料的数值为裸地侵蚀厚度为 5mm 时的相对值。

汇总结果见表 R4. 3. 4。

表 R 4.3.4 各种地表的年平均地表侵蚀产生的土砂量

流域名称		小江	大白河	块河	小江全流域
侵蚀产生的土砂量 (m <sup>3</sup> /年)	崩塌地	386,000	269,000	118,000	773,000
	耕地	1,134,000	1,490,000	1,033,000	3,657,000
	荒山草坡	1,397,000	690,000	242,300	2,329,000
	林地(疏·矮树)	73,000	88,000	43,000	204,000
	林地(密·高木)	3,000	3,000	2,000	8,000
	合计	2,993,000	2,540,000	1,438,000	6,971,000
单位面积比 (m <sup>3</sup> /年/km <sup>2</sup> )		2,570	2,160	2,010	2,280

d) 0次山谷(含比较深的冲沟)侵蚀所产生的土砂量

没有常流水的0次山谷和冲沟,降雨时雨水形成的地表径流汇集,流速快,侵蚀量是地表侵蚀的几倍。为此,山谷次数区分图(图4.2.1)中的0次山谷(包括冲沟)的长度乘以侵蚀幅度20m(含侧壁侵蚀),年平均侵蚀深度20mm(上述崩塌地侵蚀厚度的2倍),计算出侵蚀所产生的土砂量,统计结果见表R4.3.5。

表 R 4.3.5 0次山谷(包括冲沟)年平均侵蚀所产生的土砂量

流域名称	小江	大白河	块河	小江全流域
侵蚀产生的土砂量 (m <sup>3</sup> /年)	1,440,000	696,000	328,000	2,464,000
单位面积比 (m <sup>3</sup> /年/km <sup>2</sup> )	1,230	590	460	810

3) 河床堆积土砂量推算

研究河床的变动趋势,如果有长期的年际变化数据(横断面数据)是最理想的,但小江流域没有这样的数据。在本次研究中,根据现有资料进行综合判断,计算出长期河床变动趋势以及年平均河床堆积(二次侵蚀)量。也就是通过两个时期照片解读,将河床变动程度划分为(特大、大、中、小)四个等级,对各等级的变动进行量化,最大的年平均河床变动量为0.7米,量化结果见图4.3.1。

根据图4.3.1算出的年平均河床堆积土砂量的统计结果见表R4.3.6。

表 R 4.3.6 年平均河床堆积土砂量

项目		小江	大白河	块河	小江全流域
堆积土砂量 (m <sup>3</sup> /年)	小流域	1,129,000	795,000	222,000	2,146,000
	主河	2,935,000	3,274,000	2,283,000	8,492,000
	合计	4,064,000	4,069,000	2,505,000	10,638,000
单位面积比 (m <sup>3</sup> /年/km <sup>2</sup> )		3,480	3,460	3,510	3,480

#### 4) 实际土砂收支研究

##### a) 换算为重量的土砂收支计算

前面计算出了各种土砂生产源的土砂生产量、河床土砂堆积量的体积，但各种土砂量的发生形态、粒径组成等不同，单位体积的重量也不同。沿移动路线追踪土砂的生产移动现象，计算收支情况时，还有必要考虑生产、移动、流出状态下土砂的单位体积重量的差异。为此，将前面计算出的各种土砂量体积，乘以相应的单位体积重量（参见表 R4.3.7）换算成重量，这样就可以计算土砂收支。

表 R 4.3.7 各种土砂量的单位体积重量

土砂量类别		单位体积重量 (吨/m <sup>3</sup> )	单位体积重量推测依据	
土砂 生产量	崩塌土砂	2.0	夹杂石砾的土砂、风化岩	
	滑坡性大规模崩塌	2.3	因为包括基岩滑坡，所以比重比崩塌土砂大。	
	地表侵蚀	崩塌地	2.0	与崩塌土砂相同
		荒山草坡	1.7	特性介于崩塌地和林地之间
		耕地	1.5	调查团的试验结果(表 2.2.2) 粉砂(0.075mm 以下)80%
		林地(疏)	1.5	
	林地(密)	1.5		
0次山谷(含冲沟)侵蚀	1.7	介于崩塌地与林地之间		
河床堆积土砂量		2.2	调查团试验结果(表 2.3.2)	

换算为重量后，各流域的年平均土砂生产量见表 4.3.1，汇总结果表 R4.3.8。

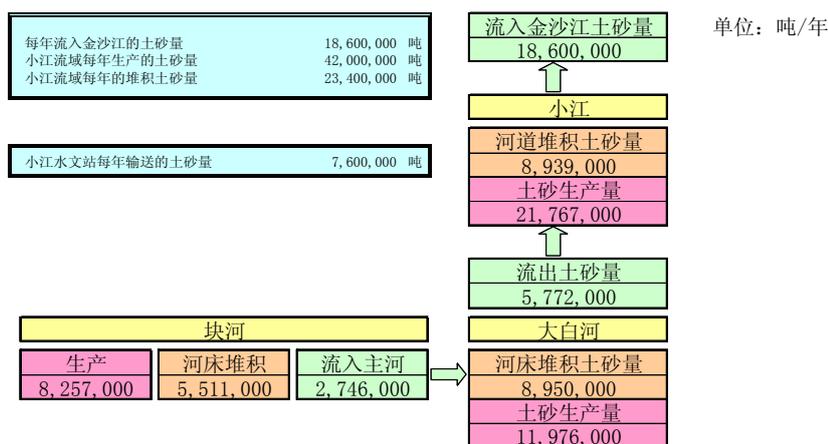
表 R 4.3.8 小江流域年平均土砂生产量（换算为重量）

(吨/年)

流域	崩塌土砂量	滑坡性大规模崩塌的土砂流出量	各种地表的侵蚀土砂量	0次山谷(含冲沟)的侵蚀土砂量	小计	单位面积土砂生产量 (吨/年/km <sup>2</sup> )
小江	7,984,000	6,371,000	4,962,000	2,448,000	21,765,000	18,700
大白河	4,582,000	2,123,000	4,082,000	1,184,000	11,971,000	10,200
块河	2,374,000	3,064,000	2,265,000	557,000	8,260,000	11,600
全流域	14,940,000	11,558,000	11,309,000	4,189,000	41,996,000	13,700

使用换算为重量的土砂生产量、河床土砂堆积量，沿着小流域→小江主河→金沙江的土砂流出移动路线，追踪土砂的生产移动现象，追踪结果见表 4.3.2~4.3.3，统计结果见表 R4.3.9。

表 R 4.3.9 小江流域的土砂生产—移动现象研究(换算为重量)



b) 划分为粗粒部分和细粒部分进行的实际土砂收支计算

追踪研究土砂生产移动现象时, 流送过程中粒径不同移动形态也不同, 因此需要通过流动形态差异形成的选择性流出计算, 来确认收支计算是否存在矛盾之处。

根据调查团的河床材料调查结果, 主河和支流的河床堆积物中几乎没有 0.01mm 以下的细粒部分(图 2.3.2)。另外, 根据以往的报告书(小江泥石流综合考察与规划研究), 小江流域支流的土砂移动中占很大比例的泥石流堆积物里面 0.01mm 以下细粒部分的含量也不足几个百分点(图 4.3.2)。泥石流堆积以后, 估计这些细粒部分被通常的流水冲走。

这样的话, 上游产生的 0.01mm 以下的细粒部分, 不在河床上堆积, 在浮游状态下一直流入金沙江, 为此以 0.01mm 作为粒径划分界限。首先确定各种土砂生产源生产的土砂中, 0.01mm 以下细粒部分的含量(表 R4.3.10), 然后分别计算 0.01mm 以下的细粒部分与 0.01mm 以上的粗粒部分的土砂生产量。计算结果见表 R4.3.11 和表 R4.3.12。

表 R 4.3.10 各种土砂量中 0.01mm 以下细粒部分的含量

土砂量类别		0.01 mm 以下含量	推算依据	
生产土砂量	崩塌土砂	15 %	夹杂石砾的土砂、风化岩泥石流活动前的土砂粒径(图 4.3.3)	
	滑坡性大规模崩塌土砂	10 %	包含基岩滑坡, 所以粗粒比崩塌土砂多	
	表面侵蚀	崩塌地	15 %	与崩塌土砂相同
		荒山草坡	40 %	介于崩塌地与林地之间
		耕地	65 %	调查团的试验结果(图 2.2.4)粉砂(0.075mm 以下)80%
		林地(疏)	65 %	
	林地(密)	65 %		
0 次山谷(含冲沟)侵蚀	40 %	介于崩塌地与林地之间		
河床堆积土砂量		0 %	调查团试验结果(图 2.3.3)	

表 R 4.3.11 小江流域年平均土砂生产量(0.01mm 以下细粒部分)

(吨/年)

流域	崩塌土砂量	滑坡性大规模崩塌的土砂流出量	各种地表的侵蚀土砂量	0次山谷(含冲沟)的侵蚀土砂量	小计	单位面积土砂生产量 (吨/年/km <sup>2</sup> )
小江	1,199,000	637,000	2,246,000	979,000	5,061,000	4,300
大白河	687,000	212,000	2,091,000	474,000	3,464,000	2,900
块河	356,000	307,000	1,251,000	223,000	2,137,000	3,000
全流域	2,242,000	1,156,000	5,588,000	1,676,000	10,662,000	3,500

表 R 4.3.12 小江流域年平均土砂生产量(0.01mm 以上的粗粒部分)

(吨/年)

流域	崩塌土砂量	滑坡性大规模崩塌的土砂流出量	各种地表的侵蚀土砂量	0次山谷(含冲沟)的侵蚀土砂量	小计	单位面积土砂生产量 (吨/年/km <sup>2</sup> )
小江	6,785,000	5,734,000	2,717,000	1,469,000	16,705,000	14,300
大白河	3,895,000	1,911,000	1,991,000	710,000	8,507,000	7,200
块河	2,018,000	2,757,000	1,013,000	335,000	6,123,000	8,600
全流域	12,698,000	10,402,000	5,722,000	2,514,000	31,335,000	10,200

使用分粒径的土砂生产量和河床堆积量,沿土砂流出的移动路线的追踪结果见表 4.3.4、表 4.3.5, 汇总结果见表 R4.3.13 和表 R4.3.14。

表 R 4.3.13 小江流域的土砂生产—移动现象研究(0.01 mm 以下细粒部分)

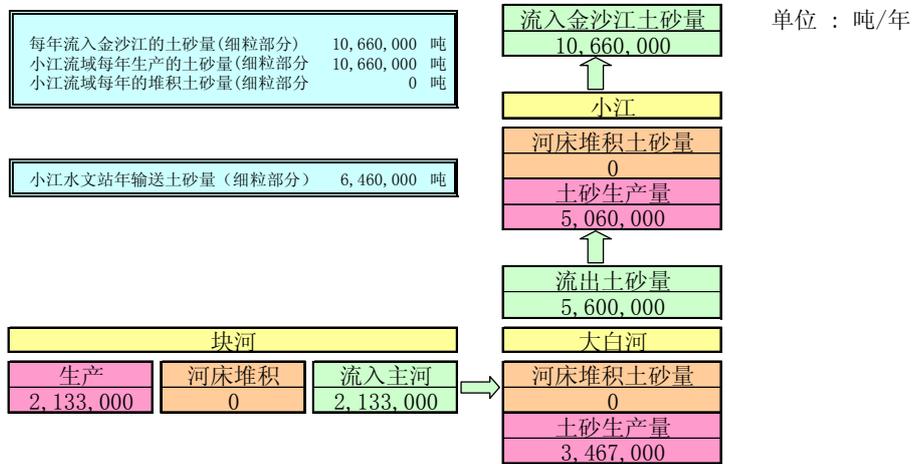
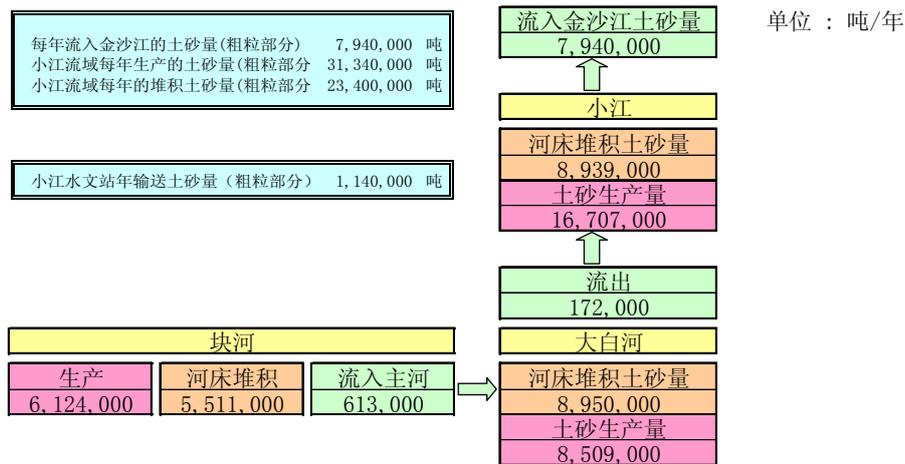


表 R 4.3.14 小江流域的土砂生产—移动现象研究(0.01 mm 以上粗粒部分)



从上述结果可以明显看出，考虑粒径区分下的土砂生产—移动现象研究结果，在收支计算上没有矛盾。计算结果为，每年从小江流入金沙江的土砂量为 1860 万吨，其中 0.01mm 以下细粒部分为 1066 万吨，0.01mm 以上粗粒部分为 794 万吨。

#### 4.3.2 河床变动分析

##### 1) 水力角度验证土砂收支计算

在 4.3.1 节的实际土砂收支计算中，在数量方面计算出了推移质和浮游质。本节中对上一节的计算结果与水文学计算结果和流砂量观测结果进行比较验证。河床变动计算的详细内容参见《附属报告书 E 土砂水理》。

##### a) 推移质数量

采用 ATM（芦田·高桥·水山）公式计算推移质数量。该公式在日本广泛应用于大比降河流的推移质计算，从本次调查实施的推移质观测结果也反映出该公式的适应程度比较高（见图 4.1.2）。

使用 ATM 公式对典型地点的推移质计算结果与 4.3.1 节实际土砂收支分析结果中的推移土砂量的对比见表 R4.3.15。对比结果显示，4.3.1 节的实际土砂收支分析结果中的推移土砂量与 ATM 公式的计算结果基本一致，从水力角度也验证了土砂收支计算结果的妥当性。

表 R 4.3.15 推移质数量验证

项目	三江口附近	小江水文站	小江口	计算条件等
流域面积 (km <sup>2</sup> )	1,730	2,249	3,058	-
年平均流量 10 <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	717,000	832,000	1,156,000	-
土砂收支计算结果 (吨/年)	172,000	1,140,000	7,940,000	-
使用 ATM 公式的验证结果 (吨/年)	河床比降 (I=目前比降-10%)	132,000	1,060,000	• 断面（使用实测断面的河谷宽度 (S01, S045, S53 附近)。使用流量法则进行修正) • 糙度系数=0.035
	河床比降 (I=现状)	180,000	1,263,000	

	河床比降 (I=目前比降+10%)	249,000	1,522,000	7,994,000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 流量时间系列=1980年-2004年</li> <li>• 河床材料=使用各点的实测结果(S3, S1, S6)</li> </ul>
--	----------------------	---------	-----------	-----------	--

## b) 浮游质数量

本次研究中根据浮游质观测结果，推导出  $Q_s = \alpha Q^\beta$  型浮游质函数公式，采用 1980—2004 年的流量计算结果，计算出浮游质的数量，计算结果见表 R4.3.16。实际土砂收支研究结果中的浮游质数量与浮游质函数公式计算结果基本一致，说明土砂收支研究结果中的浮游质数量是妥当的。

表 R 4.3.16 浮游质数量验证

项目	三江口附近	小江水文站	小江口	计算条件等
流域面积 (km <sup>2</sup> )	1,730	2,249	3,058	-
年平均流量 10 <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	717,000	832,000	1,156,000	-
土砂收支计算结果 (吨/年)	5,600,000	6,460,000	10,660,000	-
浮游质计算公式的验证结果 (吨/年)	4,127,000	5,650,000	11,565,000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 三江口附近: <math>Q_s = 6E-05Q^{1.66}</math></li> <li>• 小江水文站: <math>Q_s = 6E-05Q^{1.66}</math></li> <li>• 小江口: <math>Q_s = 4E-06Q^{2.1}</math></li> <li>• 流量时间系列=1980-2004年</li> </ul>

## 2) 河床变动计算

使用 4.3.1 节设定的支流供给的土砂量（支流的土砂流出量），对小江主河（小江、大白河、块河）的河床变动预测进行 1 维河床变动计算。

首先计算了过去 24 年（1980~2004 年）的 1 维河床变动计算，作为验证计算。对主河道糙度系数、优先小流域以外的支流和区间面积的河床材料推测值运用试行错误进行修正。

然后应用上述验证过的模型对 2004 年至 2020 年 16 年之间的河川变动进行了预测计算。计算中支流输入主河的土砂量，采用第 7 章泥石流治理与流域水土保持治理实施后的土砂量。计算结果见表 R4.3.17、表 R4.3.18 与图 4.3.4。

表 R 4.3.17 2020 年的预测计算结果 (小江~大白河)

距离 (Km)	河床变动量 (m)	河床年平均变动量 (m/年)	备注
0	-	-	小江口 (小江与金沙江汇流点)
~20	4	0.3	~太平村沟沟口附近
~45	3	0.2	~小清河河口上游
~65	7	0.4	~大白泥沟沟口下游
~70	7	0.4	~小白泥沟沟口下游
~80	5	0.3	~桃家小河河口下游
~85	2	0.1	~吊戛河河口上游
~110	-	-	~功山小河汇流点

表 R 4.3.18 2020 年的预测计算结果 (块河)

距离 (Km)	河床变动量 (m)	河床年平均变动量 (m/年)	备注
0	-	-	块河与小江的汇流点
~25	5	0.3	~花沟沟口附近

~35	5	0.3	~沙湾大沟沟口上游
~45	7	0.4	

### 3) 土砂收支研究结果评价

《东川泥石流防治论文集》等以往的报告书中提到小江流域的土砂生产量为 4000 万吨左右，东川区以及东川泥石流防治研究所的研究人员也有同样的认识。本次计算出的年平均土砂生产量 4200 万吨，与以往的报告书以及研究人员的认识基本一致。但是所谓的 4000 万吨左右大约是 30 年以前的研究成果，记载具体数据的论文已经散失，近几年又没有土砂量观测数据，因此也无法验证本次的分析结果。

唯一可以验证的就是蒋家沟流域，成都山地灾害与环境研究所东川泥石流观测站与京都大学防灾研究所，1980~1998 年 18 年（1986 年缺测）进行了泥沙观测，详细观测结果见表 4.3.18。从观测数据来看，蒋家沟每年发生 4~22 次泥石流，泥石流的泥沙量为 70~1750 万吨/年，年际变化比较大、18 年的平均值为 600 万吨/年。泥石流输沙量再加上正常流量的输沙量的话，本次调查中计算出的蒋家沟流域年平均土砂生产量 666.1 万吨还是妥当的。（根据《云南蒋家沟泥石流观测研究》的记载，蒋家沟正常流量的土砂流出量大约为 43 万吨/年）

## 4.4 社会调查

### 4.4.1 居民意识调查

针对桃家小河、黑水沟、乌龙河、豆腐沟、大桥河、东川城区流域（深沟、石羊沟、祝国寺沟）等 6 个流域，以山区 150 户（25 户/流域），东川城区居民约 130 户为对象，2004 年 7 月~9 月采用问卷方式进行了走访调查，调查结果如下：

#### 1) 山区调查结果

家庭人数约 2 到 8 人。民族以汉族居多，其次为回族、彝族。居住年数中，搬迁家庭约 2 到 5 年，其他，大都居住了数十年。

通常栽种水稻、玉米、马铃薯、葡萄、油菜、花生等。农产品的销售多为徒步搬运或委托有车的人运输。徒步搬运的时间，从几分钟到几个小时（4 小时）不等。

收入主要依靠农牧业，家庭年收入从 400 元到 14 万元，有很大的差距。作为经济林木希望栽种的有，槐树、合欢、桃、板栗、花椒、葡萄、石榴、核桃、苹果、柑桔等多个数种。希望栽种果树的农民居多。关于禁止放牧的规定，多数人认为有利于生态环境的恢复，是合理的。只有少数人认为对他们不利。肥料多半是用农家有机肥和化肥混合。几乎每家都烧柴做饭取暖。薪柴来自住宅周围或自家所有林。使用沼气的农家占全体的 15%。

估计能够有效获得灾害信息和警报的家用电器当中，76%的家庭有电视机，只有 13%的家庭有收音机。但是，30%的家庭有 VCD。86%以上的家庭有遭受泥石流灾害的经验。60%认为为了预防灾害，个人和集体都采取了一些措施。村里采取的措施有，植树、雨情观察、雨季降雨情况监测等。一旦发现征候，立即通知村民，堆积沙袋，组织疏散避难。雨季实行轮流值班、组织民兵抢险、紧急时，采用高音喇叭呼喊等。希望在今后的治理当中，修筑拦沙坝、植树造林、修建水库、治理滑坡等。73%的农民希望在今后的治理工程当中积极参加。一些人还希望得到劳动收入。在认为最重要的资产中，占前三位的是住宅、家畜、农田，粮食只有几个人提到。

## 2) 东川城区调查结果

家庭人数约 1 到 4 人。29%的家庭有摩托车，98%有电视机。每户的年收入差别较大，从 1500 元到 5 万元不等。大部分家庭能源来自电或液化石油气，烧柴的只有 2%，有 34%的家庭使用太阳能和电。

遭受过土沙灾害的家庭占全体的 40%。灾害可能发生的情报，多数来自报纸、电视、收音机。实际灾害到来的时候，依靠广播、电视以及政府的公告、或其他人的消息。关于避难地点，都没有回答具体的地方，只是说安全的、地势高的地方、或听从政府的指示。也有约 30%的回答不知道。实施了具体防灾措施的居委会约占全体的 44%。具体措施有，安装消防器材、引导疏散避难、报警电话、值班、植树、挖防洪沟、宣传等。

问卷填写人中 96%认为现有的防洪设施是有效的。也有的希望在植树、打坝以外，还应制定包含生态系统保护在内的综合治理计划。对于治理项目开始以后打算怎么办，有积极参加、自愿参加、参加劳动、参加宣传、捐献款物、什么也不做等回答。认为最重要的资产是不动产、房屋、金钱、知识、家电（电视机、冰箱、洗衣机）、家具、存款、保险等等，不一而足。

### 4.4.2 居民研讨会

为了了解土砂灾害治理、自然环境修复所涉及到的居民所面临的问题、需求、潜在可能等情况，在东川城区流域与豆腐沟流域的三个点举办了居民研讨会。

表 R 4.4.1 参加型研讨会实施概要

目的	明确优先小流域对于土砂灾害居民所面临的问题、需求和潜在可能性		
实施区域	城区	山区	
		石羊沟、深沟 -上游、中游、下游- 新村镇	豆腐沟下游 三家村
主要问题	土砂灾害频发。 治理工程实施后的问题。	泥石流、搬迁	滑坡、泥石流
时间	2004 年 9 月 27 日 (9:30~ 17:30)、28 日 (9:30~17:30)	2004 年 10 月 11 日 (9:30~16:30)	2004 年 10 月 12 日 (9:30~16:30)
会场	新村镇政府会议室	三家村村委会	播卡乡政府会议室
参加人员	居民、当地的行政机关、 东川区水务局	居民、行政机关、 东川区水务局	居民、当地的行政机关、 东川区水务局
参加人数	48 人	32 人	30 人
参加人员属性	大部分是农民	全部是农民 (男性 60%， 女性 40%)	农民占 90%，以及东川区水务局、 乡镇水务所、土地所人员
调查方式	PCM	PRHA	PRHA、PCM
内容	城区与山区的研讨会上，居民与行政人员积极踊跃的发表意见。城区的研讨会上明确体现出，上游、中游和下游的土砂灾害发生原因不同，在今后的规划编制中会反映出来。在山区的研讨会上，讨论结果用文字图片展示，与参加人员共享。城区与山区的研讨会上，都体现出了包括居民在内的主要相关人员的发现问题提出问题的良好气氛。		

### 1) 东川城区流域的研讨会

在东川城区流域举办的研讨会上，关于土砂灾害治理与自然环境修复的中心问题，上游所面临的问题是生态环境恶化，中游是水土流失，下游的集义村认为问题在于时刻

遭受泥石流灾害的威胁，同在下游的石羊村也提出受到泥石流灾害的威胁。根据围绕中心问题进行的问题分析结果，参加人员所强调的问题发生原因整理如下：

表 R 4.4.2 不同流域的原因比较表

类型	问题	上游	中游	下游 (集义村)	下游 (石羊村)
物理现象	泥石流多	●	●		
	滑坡多	●	●		
	地质构造、天气、气候方面的问题		●		●
	工程治理规划、范围、数量	●	●		●
	政策方面的重视不足		●		
生活生存	住宅和墓地建设	●	●		
	耕地开垦扩大	●	●		
	砍柴作饭取暖		●		
	放牧	●	●		
	采砂采石	●	●		
森林	过去的大规模森林采伐	●			
	目前不适当的林采伐	●	●		
	森林少，覆盖率低		●	●	
	森林火灾		●		
	退耕还林不够	●	●	●	
	造林成果和效率低		●		
河道	河道内的违章建筑			●	
	河道内废弃物乱堆乱放				●
上游	上游的治理不足			●	
	上游过度的农田开垦				●
	上游崩塌频发，土砂堆积严重				●
	治理设施老化，维修保养不够			●	●
	居民的环保意识和知识	●	●		

(注) 在地域方面没有明显不同的，都作为该地域所面临的问题。

参加者认识到，流域上下在过去的工程规划和实施当中，都有共同的问题（除了下游的集义村以外）。上游和中游的参加者强烈地意识到，自己为了生活所作的一些事使得森林减少了。下游存在着过去修建的许多设施已经老化需要维修的问题，此外，强烈地意识到在上游采取防灾措施，包括构造物与非构造物措施在内，对自己的安全都是不可缺少的。

流域固有的问题逐渐明朗起来。例如，下游河道上的违章建筑（深沟拦沙坝旁的餐馆）、河道内的垃圾（石羊沟排导槽里堆满了生活垃圾），中游感到政策重视不够、还有森林火灾发生；上中游固有的居民环境意识的问题等。

## 2) 豆腐沟下游（三家村）的研讨会

三家村在豆腐沟与小江的交汇点的小江主河旁边比河床稍高一点的台地上，由几个小村落组成。曾经遭受过多次洪水、滑坡、泥石流灾害。有的人家在政府的帮助下搬迁了，也有尽管受灾仍然留下来的人家。在该村内较高的地方设置的村落，以搬迁到该地的居民为对象举行了 PRHA（参加型农村灾害调查法）研讨会。

村民主要从事农牧业，水稻是最重要的农作物。如果被洪水冲走或者因土砂灾害被淹没就没有粮食了。水稻的栽种季节过去是 3~10 月间栽种两季。现在是在 3~7 月间只种一季。7 月以前雨量较少，8 月以后中上游雨量较多，容易发生洪水。由于 8

月会发洪水，因此，不能栽种第二季水稻。居民的大多数都希望像过去一样，能够种上两季水稻。

对于遭受过的灾害，参加者列举了泥石流、洪水、干旱（乾季供水不足）、病虫害等。自然灾害中，泥石流（5月~6月）发生的频度最高，其次是旱灾、大风、洪水、病虫害等。受灾最多的是房屋、田地、其次是动物、人。参加者回忆出的受灾情况如下：13户的房屋完全倒塌、9户的房屋部分毁损、虽然没有重伤人员，但由于惊吓过度精神出问题的人也有过。居民解释没有重伤人员的原因是，泥石流来的时候伴随着巨大的声响，注意到的话可以立即躲避。

参加者异口同声地说，虽然已经搬迁了，至今仍然心有余悸。今年已感觉到两次地震，此外，还担心发生滑坡、崩塌等。这些担心可能来源于地质构造的原因。

搬迁后的问题点主要集中在房子和农田方面。所有的房屋都是由政府同意修建，但屋顶不牢固，没有院子，没有家畜的圈舍，没有厨房，生活不方便。好的方面有搬迁到了安全的地方、用补助款修建了水窖，打水比以前方便，交通也比以前方便等。

### 3) 豆腐沟中上游（4个村民小组）的研讨会

在播卡乡政府会议室召集播卡村坪子窑、小水井、老溜口以及象鼻村长地（豆腐沟流域外）等4个村民小组的30人召开了研讨会。

每个村民小组都描绘本村的灾害图，并对本小组的灾害情况进行了说明，所有参加人员都了解了本小组以及其他村庄的灾害信息。

四个村民小组的全体参加人员进行了问题分析。中心问题是“泥石流灾害多”，提出了9方面的问题发生原因。为了将研讨会的结果在今后的治理中体现出来，掌握问题结构的同时，区分重要程度也很重要。为此对于灾害发生原因，参加人员进行了投票排位，对于居民亲身体会到的灾害原因的重要程度进行了确认。结果：植被稀少、滑坡多排在前列，接下来是造林难与地形地质也是重要的原因，这些都是该地区的治理规划制定中不可忽视的要点。

## 第 5 章 基本规划编制方针

### 5.1 土砂灾害治理及自然环境修复规划编制的必要性

根据前面的研究结果,小江流域土砂灾害及自然环境修复规划编制的必要性有以下几点:

#### 5.1.1 小江流域土砂灾害和自然环境恶化的恶性循环

通过前面的实地调查、资料收集、基础分析,小江流域在严酷的自然条件下,流域荒废→灾害发生、环境恶化、水土流失→灾害损失、地方经济发展停滞→森林破坏、无秩序采矿、道路建设→流域荒废,这种土砂灾害、自然环境恶化的恶性循环,周而复始一直持续的实际状况越来越明显。面对这种恶性循环,当地政府实施了各种各样的工程治理、非工程治理。但治理进展状况对于严重的流域荒废、大规模的灾害、极度贫困而言简直是杯水车薪,距离问题的解决还非常遥远。这种恶性循环给下游带来水库库区泥沙淤积、河床上升等不良影响。

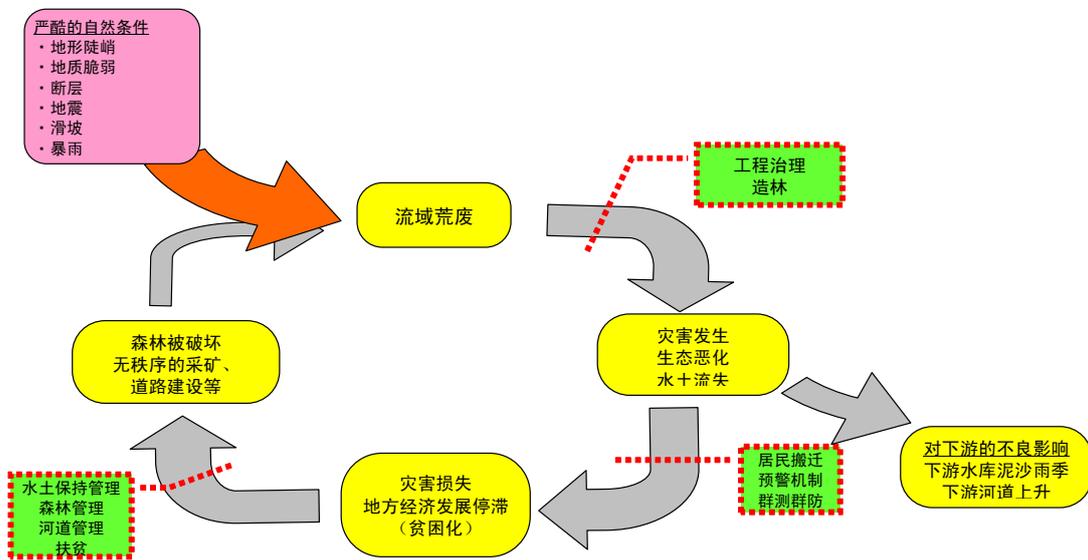


图 R 5.1.1 小江流域土砂灾害、自然环境恶化的恶性循环

#### 1) 严酷的自然环境

小江流域土砂灾害、自然环境恶化的根本问题在于严酷的自然条件。首要特征是地形陡峭、地质脆弱、小江大断裂带。东西分水岭上海拔 4000 以上的山峰相连,好多条支流的高差在 3000 米左右,流域内 30% 的坡面是坡度 25 度以上的陡坡。特别是中下游起伏量和起伏比大的支流很多,断层致使坡面地层破碎、风化了了的坡面上,滑坡、崩塌、冲沟极为发育。

另外小江断裂带又是中国的大地震带之一,1966 年 2 月 5 日发生的里氏 6.5 级地震之后,到现今为止的大约 40 年间,小江流域周围发生了 12 次里氏 4 级以上的地震。

小江流域雨季(5~10 月)和旱季(11~4 月)分明,雨季频降暴雨,然而旱季气候干燥,严重阻碍了农作物和树木的生长发育。

## 2) 流域荒废现状

上述严酷的自然环境，加之长期的矿产开发、农田开垦、放牧等引起的森林采伐、开山修路等，小江流域成为长江流域中荒废最严重的流域。根据东川区水务局的介绍，1958年开始的5年计划中东川区确定为重点铜生产基地，这一时期的森林过度砍伐也是造成目前流域荒废的重要原因之一。

SPOT 卫星照片和航片解读看出森林仅占流域面积的四分之一，25度以上陡坡上分布的农田多达140km<sup>2</sup>(21万亩)。小江流域崩塌地面积比例为2.4%，蒋家沟、大白泥沟、小白泥沟等小流域的崩塌现象尤为突出，崩塌地面积比例超过10%。1979年~2004年的大约25年之间，产生的大规模滑坡型崩塌堆积地高达500公顷。如此荒废的流域中，每年的土砂生产量高达4200万吨。

## 3) 土砂灾害、自然环境恶化、水土流失

荒废的小江流域各种土砂灾害频繁发生，最典型的是泥石流和滑坡(含崖崩等崩塌现象)。这些灾害不仅直接破坏灾害发生地的财产设施，还引发下游河床内的土砂堆积和河道堵塞。年复一年的土砂堆积，有些地方30年之间河床抬升了近20米，公路、桥梁被埋没，悬河化导致洪水泛滥。

生态环境严重恶化，森林破坏导致狼、豹等大型野兽几乎灭绝，飞来越冬的黑颈鹤数量大减。水土流失导致大量的表土流失，农业生产能力降低。

## 4) 对下游的不良影响

不仅对小江流域，对下游的金沙江和长江也产生不良影响。根据本次调查每年有1860万吨土砂流入金沙江，势必导致下游水库泥沙淤积、河床堆积抬升。1998年发生的长江特大洪灾，河床堆积抬升被认为是灾害损失扩大的主要原因，这也成为长江中上游水土保持重要性引起重视的契机。

## 5) 灾害损失、地方经济发展停滞

到目前为止有记录的灾害损失，死亡66人、房屋倒塌1700间、冲毁农田50000亩(3300公顷)、直接经济损失时价高达1亿元。公路铁路的受害程度也非常严重，1971~1986年15年之间，东川支线铁路沿线发生泥石流505次，累计停运700天。居民意识调查中，经历过土砂灾害的人数农村占86%，东川市区占40%。

这些灾害不仅直接给小江流域人民造成损失，同时在心理上也留下阴影。例如，土砂灾害频繁发生，致使小江流域是一个危险区域的灰黯印象深深地印入脑海，招商引资也很难开展。过去的基础产业铜矿开采逐步衰退，农业生产没有提高，农田开发止步不前，地方经济发展停滞，贫困问题严重。

## 6) 森林破坏、非法采矿、道路建设

过去长期的矿山开采冶炼、农田开垦、放牧等导致森林采伐破坏、无秩序的开山修路等人类活动，是小江流域变为穷山恶水的原因之一。根据有关人员的介绍，近年随着水土保持法、森林法、河道管理条例等法律法规的出台，流域、森林管理保护的依法实施，大规模的森林破坏、非法采矿、违规道路建设等活动已经基本没有，但小规模私人违法破坏行为还持续存在。

这些违法行为持续存在的原因，除了执法不严、管理不善等根本问题之外，还与在贫困中挣扎的山区农民的严峻经济状况有关。也就是说，灾害导致农民生活贫困，为了

获得烧火做饭取暖的燃料，不得不砍伐森林；为了解决吃饭问题，不得不开垦坡地、继续进行放牧。

## 7) 治理不充分

面对上述恶性循环，中国政府实施了各种各样的治理。工程治理有拦沙坝、导流槽等建筑物的建设，退耕还林、天然林保护等造林工程。但是与流域的规模和荒废程度相比，由于资金不足治理实施区域只不过冰山一角，灾害发生的抑制效果和水土保持效果也停留在很小的一部分上。

当地政府在非工程治理方面也在积极努力。包括群测群防在内的灾害监测体系的建立、危险区域的居民搬迁等项目实施之外，还依照水土保持法、森林法、河道管理条例等进行流域和森林管理保护。但这些治理措施，由于存在资金不足、技术、组织等方面的问题，其效果究竟能达到什么程度，尚难以确定。至于搬迁项目，今后如何确保安置地还是一个遗留问题。

### 5.1.2 小江流域在长江流域以及云南省的重要性

从云南省以及长江流域的角度，在社会经济、土砂生产方面考察小江流域的重要性。小江流域从云南省以及长江流域来看，经济方面发展滞后，土砂生产方面流域严重荒废。以下详细叙述考察结果。

#### 1) 社会经济方面的重要性

首先在社会经济方面分析研究小江流域的重要性，下表对云南省、小江流域、长江流域的面积、人口、国内生产总值（GDP）进行了对比。小江流域的面积和人口占云南省的1%，但国内生产总值（GDP）仅占全省总值的0.45%，由此可以看出小江流域在云南省内也是经济非常落后的区域。小江流域的人口和面积占长江流域人口与面积的0.2~0.1%，国内生产总值（GDP）仅仅占到0.025%，由此可知，从长江流域总体来看，小江流域的经济发展更加落后。

表 R 5.1.1 云南省、长江流域与小江流域的对比

项目	面积	面积	人口	GDP
小江流域		3,000 km <sup>2</sup>	47 万人	大约 10 亿元
云南省		390,000 km <sup>2</sup>	4,300 万人	2,200 亿元
长江流域		1,800,000 km <sup>2</sup>	50,000 万人	大约 40,000 亿元
小江流域所占的比例 (%)	在云南省	0.77 %	1.1 %	0.45 %
	在长江流域	0.17 %	0.094 %	0.025 %

注) 国内生产总值（GDP）根据 2002 年的统计数据推测。小江流域的 GDP 参考表 R2.1.2 中的东川区的数值，长江流域按照占中国 GDP 总值的 40% 计算。

#### 2) 流域荒废、土砂生产方面的重要性

其次在流域荒废、土砂生产方面，同样与云南省以及长江流域进行了对比。

图 5.1.1 为云南省水利厅通过遥感调查绘制的水土流失现状图，从该图可以看出小江流域集中在强度侵蚀~极强度侵蚀区域，是云南省内的侵蚀（土砂生产）最为剧烈的区域之一。

下表中列出了金沙江（长江上游）的屏山水文站的年流量、年泥沙量的观测记录。如图 5.1.1 所示，屏山站位于小江口下游侧约 300 公里处，控制流域面积为 48.5 万平方公里，1995~2000 年的泥沙量多年平均值为 2.55 亿吨 / 年。

如表 R 4.3.9 所示，本次调查推算出的小江流域流入金沙江的土砂量为 0.186 亿吨。小江流域的面积仅占屏山站以上的流域面积的 0.62%，然而小江流入金沙江的土砂量占屏山站泥沙量的 7.3%，所占比例为面积比值的大约 12 倍。虽然不能明确判断小江流入金沙江的土砂全部流向屏山站，即便其中有一半在 300 公里长的河道内堆积（小江流域内土砂生产量的大约一半在河道内堆积），也将占到屏山站泥沙量的 3.6%，是面积比值的 6 倍。由此可知在金沙江（长江）流域内，小江也是重要的土砂供给源。

表 R 5.1.2 屏山站泥沙观测结果

项目	1956-2000 年平均值	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
年流量 (亿 m <sup>3</sup> )	1,426	1,772	1,742	1,503	1,547	1,552
年土砂量 (亿吨)	2.55	2.72	2.43	1.87	1.56	1.48

资料来源：《2000~2004 年长江泥沙公报》长江水利委员会水文局

### 5.1.3 基本规划的必要性

综上所述，小江流域明显陷入土砂灾害、自然环境恶化的恶性循环之中，从云南省以及长江流域来看，也是经济落后、荒废剧烈的重要区域。

杜绝上述恶性循环，必须在各方面进行根本治理。但对于人力无法抗拒、过于严酷的自然条件，彻底根治在资金和技术方面都很困难。因此，为了使有限的资金投入发挥最大的效益，技术、资金、人才资源等的综合合理分配就非常重要，小江流域综合土砂灾害治理及自然环境修复规划应当成为进行综合合理投入的指针。

小江流域土砂灾害治理及自然环境修复既符合国家的政策（在下节中说明），通过居民意识和居民研讨会了解到也正是居民大为期待的。

基于上述情况，可以判断出小江流域综合土砂灾害治理及自然环境修复基本规划的必要性是正确的。规划编制完成后，有必要尽快实施治理项目。

## 5.2 规划编制的基本条件

### 5.2.1 上级部门的规划

#### 1) 土砂灾害治理以及自然环境修复的相关目标

关于土砂灾害治理以及自然环境修复，1991 年 1 月通过的《全国生态环境建设规划》和 2001 年 1 月国家水利部公布的《全国水土流失公告》中都发表了近期（至 2010 年）、中期（2010~2030 年）、远期（2030~2050 年）目标。

国家水利部会同国土资源部、中国气象局、建设部、国家环保总局，开展包括工程治理措施和非工程治理措施的山地洪水、土砂灾害治理规划《全国山洪灾害防治规划》的编制工作。现在各省（自治区、直辖市）正在根据有关单位组成的全国山洪灾害防治规划领导小组办公室编制的规划编制技术大纲，进行各省的规划。

表 R 5.2.1 土砂灾害治理以及自然环境修复的相关目标

目标	目标种类	内容
全国生态环境建设规划	近期目标 (到 2010 年)	2010 年坚决控制人为因素产生新水土流失, 努力遏制荒漠化的发展。长江中上游水土流失重点地区的治理初见成效。全国森林覆盖率达到 19% 以上。
	中期目标 (2011~2030 年)	从 2011~2030 年, 在遏制生态环境的恶化势头之后, 大约用 20 年的时间, 力争是全国生态环境明显改观。长江中上游水土流失重点地区的治理大见成效。全国森林覆盖率达到 24% 以上。
	远期目标 (2031~2050 年)	从 2031~2050 年再奋斗 20 年, 全国建立起基本适应可持续发展的良性生态系统。全国适宜治理的水土流失地区基本得到整治, 宜林地全部绿化, 全国森林覆盖率达到并稳定在 26% 以上。
全国水土流失公告	近期目标 (到 2010 年)	长江中上游水土流失严重地区的重点治理工程初见成效, 在全国水土流失区基本建立起水土保持预防监督体系和水土流失监测网络, 水土保持法律法规进一步完善, 基本遏制生态环境恶化趋势。
	中期目标 (2011~2030 年)	重点治理区(包括长江中上游)生态环境开始走上良性循环轨道, 全国建立起健全的水土保持预防监督体系和动态监测网络, 水土保持法律法规形成完善的体系。
	远期目标 (2031~2050 年)	全国建立起适应国民经济持续发展的良性生态系统, 适宜治理的水土流失地区基本得到治理, 水土流失和沙漠化基本得到控制, 坡耕地基本实现梯田化, 宜林地全部绿化, “三化”(草原退化、沙漠化、盐碱化)草地得到恢复, 全国生态环境明显改观, 大部分地区基本实现秀美山川。
全国山洪灾害防治规划	近期目标 (2010 年)	山洪灾害重点防治区(包括云南省)初步建成以监测、通信、预警及相关政策等非工程措施为主与工程措施相结合的防灾减灾体系。
	远期目标 (2020 年)	山洪灾害重点防治区(包括云南省)建成非工程措施与工程措施相结合的综合防灾减灾体系。

无论是《全国生态环境建设规划》，还是《全国水土流失公告》、《全国山洪灾害防治规划》，小江流域都属于重点防治区。《全国生态环境建设规划》与《全国水土流失公告》的目标内容完全一致，近期目标到 2010 年基本遏制生态环境恶化趋势，中期目标到 2030 年明显好转，长期目标到 2050 年水土流失治理、林地绿化，建成良性生态系统。以山地洪水、泥石流、滑坡灾害防治为主要目的的《全国山洪灾害防治规划》，以 2020 年为目标年度建成防灾减灾体系。

## 2) 西部大开发战略

西部大开发战略是中国政府为了有效利用西部未开发资源，消除东西差距，从 1999 年开始实施的国家项目。实施对象区域为包括云南省在内的西部 6 个省、5 个自治区、1 个直辖市和 3 个自治州。开发重点放在下列 5 个方面：

- 加快基础设施建设
- 生态环境保护与建设
- 调整产业结构
- 发展科技教育
- 进一步深化改革开放

推进上述开发需要大量的投资，中国政府的方针是提高中央财政建设投资和建设国债资金用于西部地区的比例的同时，把国际金融机构和外国政府贷款尽可能多的安排到西部地区的项目。

## 5.2.2 相关规划

### 1) 土地利用规划、城镇建设规划

#### a) 土地利用规划

对会泽县和寻甸县国土资源局提供的 1999 年编制的 2010 年土地利用规划与 2003 年的土地利用现状进行比较, 从对比较中可以看出, 7 年之间没有太大的变化。

目前会泽县正在修改土地利用规划, 以 2004 年的土地利用现状为基础, 编制到 2010 年的中期规划和 2020 年的长期规划。根据国家的政策法规, 规划编制的基本方针如下:

- 保护土地资源的生态环境同时, 保障社会经济的可持续全面发展
- 以严格保护基本农田, 确保粮食生产为前提, 合理分配各地区的各种用地
- 合理确定能源、交通、水利、城市基础设施等各种建设用地

据东川区国土资源局介绍, 东川区也在 1999 年编制了土地利用规划, 与会泽县一样, 计划近期进行修改。

#### b) 东川城区的城市规划

各乡镇政府所在地的城镇建设规划由城建管理局负责。以下是深沟、石羊沟山脚的小江流域唯一的城区(东川城区)的城建规划的叙述。

1991 年编制了以腊利河口至碧谷镇大白河右岸 30 平方公里为规划区域的城市规划。该规划的预测城市人口规模为 25 万人, 但由于矿业衰退, 城市发展不能达到该规模。为此目前正在编制的到 20XX 年的城市规划, 其中, 规划区域缩小为 10.6~12.7 平方公里, 规划人口缩小到 10~12 万人。

1991 年的城市规划中, 腊利河、深沟、石羊沟、尼拉姑沟两岸为宽 15 米的防护林带(但没有营造防护林), 在新的规划中仍然保留防护林带规划。泥石流治理设施的设计规模将由以往的 50 年一遇提高到 100 年一遇。新的规划中还将包含生态环境的改善。

### 2) 相关项目

与基本规划有关的项目主要有以下几个, 其中公路开发建设项目将在本规划中予以考虑, 其他项目由于不确定的部分太多, 经过与相关部门协商, 在本规划调查中不进行考虑。

- 水务局实施的水土保持工程(拦沙坝、防护林)
- 林业局实施的造林项目(退耕还林、天然林保护)
- 国土资源局实施的地质灾害防治项目(泥石流治理、农田开发)
- 金沙江上的水电站建设计划
- 公路开发建设项目(龙潭—东川、东川—巧家公路)

### 5.2.3 基本规划的规划目标年度和开发水平

#### 1) 规划目标年度

根据 2003 年 11 月 12 日，日本国独立行政法人国际协力机构与中国云南省水利厅交换的会谈纪要，小江流域土砂灾害治理及自然环境修复基本规划的目标年度为 2020 年。也就是，基本规划提出的项目工程到 2020 年全部实施。

2020 年与前面讲到的《全国山洪灾害防治规划》的远期目标年度完全一致。并且与《全国山洪灾害防治规划》一样，分为到 2010 年的优先实施项目规划和到 2020 年的长期规划。

#### 2) 开发水平

接下来就需要设定到 2020 年应该开发到什么程度的目标开发水平。开发水平必须与国家战略目标等上级规划相一致，同时还必须在经济与财政方面是合理妥当的。

然而小江流域陷入土砂灾害与自然环境恶化的恶性循环，不仅在云南省、在长江流域也是经济落后、荒废程度严重的地域。遏制恶性循环需要在各方面实施根本治理。加之小江流域又是生态环境建设规划、西部大开发战略的重点地域，将小江流域作为示范流域实施重点治理也可以说是合理的。

因此基本规划的开发水平定位在技术条件允许的情况下尽最大限度进行开发治理。具体情况如后面将会叙述的那样，基本规划核心部分的泥石流洪水治理采用满足中国标准的规划规模，流域水土保持尽最大可能广泛实施造林、治坡工程、坡改梯。

但是，上述开发水平的是否合理妥当，需要从经济、财政能力、技术、环境与社会影响等方面进行论证，另外还需要考虑中方的意向，中方参照世行项目设想的每平方公里投资为 60 万元。因此基本规划编制过程中，在考虑经济效益、财政负担能力等的同时，在技术方面可能的范围内，以尽最大限度开发治理为目标进行规划研究，其妥当性在 7.5 项目评价中进行分析论证。

#### a) 世界銀行云贵鄂渝四省（市）水土保持流域治理项目

云南省水利厅计划利用世行贷款实施《世行云贵鄂渝四省市水土保持流域治理项目》（Changjiang/Pearl Watershed Rehabilitation Project），项目实施区域为云南省、贵州省、湖北省、重庆市，项目投资总额 2 亿美元，该项目的投资按照每平方公里 50 万元预算。小江流域的荒废程度比上述项目区更为严重，因此在该标准的基础上再增加 10 万元 / 平方公里，打算按照 60 万元 / 平方公里投资治理。根据 2005 年 4 月 4 日国家水利部公布的消息，国家发改委原则上同意实施该项目，水利部已经开始着手进行可行性研究和环境影响评价。

以下为 2003 年 3 月 17 日，国家水利部办公厅转发的《世行云贵鄂渝四省市水土保持流域治理项目》备忘录的内容摘要。

#### i) 项目实施区域

从长江与珠江上游水土流失地区（约 1000 万公顷）中选出 38 个县实施该项目，根据中国公布的消息，实施面积为 3000 平方公里。

## ii) 项目的实施目标

在中国生态环境恶化的贫困流域，建立可持续发展的农业发展方式，努力实现经济与环境的可持续发展。通过项目的实施，农民收入增加，激发他们的环保积极性。水土资源的有效利用以及可持续利用，转变数十年来一直持续的贫困和生态环境破坏式的不可持续的资源开发利用活动，同时减少流入长江和珠江的土砂量。

## iii) 项目内容和初步预算

根据世行调查团的初步预测，项目总投资约为 2 亿美元，世行提供 1 亿美元的贷款。

表 R 5.2.2 世行项目的主要内容

内容	单位	数量	单价 (千元)	小计 (百万元)	小计 (百万美元)	
1. 基本农田建设	ha	17,000	18.00	306.00	36.87	18%
2. 坡耕地保护						
a. 乔木	ha	45,000	2.20	99.00	11.93	6%
b. 薪炭林与灌木	ha	40,000	2.00	80.00	9.64	5%
c. 经济林	ha	20,000	4.00	80.00	9.64	5%
d. 果园	ha	20,000	5.00	100.00	12.05	6%
e. 封山育林	ha	190,000	0.10	19.00	2.29	1%
f. 草地建设	ha	5,000	0.70	3.50	0.42	0%
g. 其他	ha			30.00	3.61	2%
小 计	ha	320,000		411.50	49.58	25%
3. 水土流失治理	式	1		300.00	36.14	18%
4. 收入增加支援						
a. 家畜养殖	式	1		100.00	12.05	6%
b. 灌溉与供水	式	1		150.00	18.07	9%
c. 代替燃料	式	1		50.00	6.02	3%
d. 其他	式	1		50.00	6.02	3%
小 计		1		350.00	42.17	21%
5. 培训	式	1		175.00	21.08	11%
6. 实施管理等	式	1		120.00	14.46	7%
合 计	ha	337,000		1662.5	200.30	100%

注) 从上述总面积 337000 公顷和总投资 16.625 亿元来看，每平方公里的投资约为 50 万元。

## 5.3 基本规划的概念

### 5.3.1 土砂灾害治理以及自然环境修复所涉及的限度和限制

。但是，通过到目前为止的调查分析发现，存在一些技术、资金的限度和制约。为了使基本规划更具现实性和持续性，有必要根据这些限度和制约来制定基本概念。

#### 1) 技术方面的限度和制约

技术方面的限度和制约有以下几点：

- 森林的效果是有限度的。众所周知森林具有防止侵蚀的效果，各地都发表了证明观测结果的数据，但其对于崩塌的防止，仅限于深度较浅的表层崩塌。（正如本次调查分析结果所显示的（6.2.3 节），林地的崩塌面积比例仅比耕地低了一

点点。)

- 要彻底根治滑坡灾害，需要实施地表水和地下水排水、防滑桩、地锚等稳定斜坡的治理工程，但这些工程投资巨大。然而小江流域滑坡地形分布广泛，如果全部进行工程治理的话，需要极为巨大的投资。因此，考虑用工程措施治理滑坡是不现实的，重点应该放在到目前为止一直在实施的搬迁和强化群测群防等非工程治理措施上。
- 流域荒废程度严重，生产土砂量巨大，因此，彻底消除主河河床上升是不可能的。主河治理不得以河床上升为前提考虑。消除河床上升需要控制大约 2300 万吨的土砂生产，用通常采用的造林和治坡工程来控制这么多的土砂生产，最终是不可能的。

## 2) 财政和经济方面的限制和制约

财政和经济方面的限制和制约有以下几点：

- 因为小江流域坡度陡峭，荒废严重，所有支流都有可能发生泥石流。但是对所有的支流支沟进行治理，在财政和经济方面是不现实的。只能根据保护对象的重要程度确定需要治理的小流域。
- 中方设想的基本规划开发水平为每平方公里 60 万元，主要向海外融资机构贷款，到 2020 年在小江全流域投入 18 亿元进行治理。

### 5.3.2 基本规划的概念与目标

在综合考虑上述技术、财政、经济方面的限制和制约的基础上，将现实稳妥的治理措施全部考虑进去，小江流域综合土砂灾害以及自然环境修复基本规划的概念设定为：

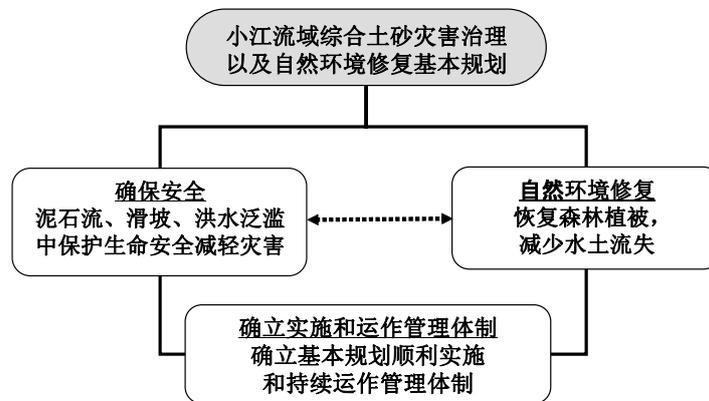


图 R 5.3.1 小江流域综合土砂灾害对策及自然环境修复规划概念图

首先根据本次调查规划的宗旨，将确保安全和自然环境修复作为基本规划的两个支柱性概念。二者之间是相辅相成的关系，实施确保安全的治理措施有助于自然环境修复，环境修复又有助于确保安全。为了辅助两大支柱性概念的实现和可持续发展，还需要增加确立实施和运作管理体制这一概念。

各个概念的具体内容如下：

#### 1) 确保安全

在泥石流、滑坡、洪水泛滥等灾害中保护生命安全，减少财产损失。各种灾害可以采取的治理方案见下表。关于滑坡治理，前面已经叙述过，由于技术方面的限制，采用

非工程治理措施来对应。非工程治理措施以建立洪水预警系统、强化群测群防、绘制并活用灾害图为主，保护生命安全为首要目标。

表 R 5.3.1 确保安全方面的治理方案

灾害类型	工程治理	非工程治理
泥石流	重要支沟的泥石流治理工程	建立洪水预警系统 强化群测群防 绘制并活用灾害图
滑坡（含崩塌）	不适用	建立洪水预警系统 强化群测群防 绘制并活用灾害图
主河河道治理	以河床上升为前提的洪水治理工程	建立洪水预警系统 绘制并活用灾害图 强化河道管理

## 2) 自然环境修复

恢复森林，减少水土流失。自然环境修复中恢复森林植被是必不可少的，实施以造林为主的治理。造林的同时，在坡耕地上实施退耕还林或者坡改梯，在崩塌地实施防护工程等水土保持治理，减少土砂生产。自然环境修复对策着眼于流域整体的土砂收支，从流域水土保持的角度进行研究。

关于非工程治理措施，在进行流域、森林保护管理的同时，通过扶贫措施之一的副产物利用来增加农民收入，改善生活，促进对流域和森林破坏行为的自我约束。

表 R 5.3.2 自然环境修复方面的治理方案

治理类型	工程治理	内容
工程治理	土木工程治理	坡改梯
	生物治理	宜林地造林（包括退耕还林） 崩塌地和冲沟实施治坡工程
非工程治理		强化水土保持、森林保护管理 通过副产物利用，实施扶贫

## 3) 确立实施运作管理体制

建立能使基本规划顺利实施并进行持续运作的管理的体制。目前云南省还没有负责小江流域管理的专门机构，小江流域在行政上分属三个县区，并由各县水务局、林业局、国土资源局独立进行相关治理。基本规划在规模、多样性、综合性等任一方面，与以往的治理项目有巨大的悬殊，现有机构无法进行基本规划的实施、运作和管理。因此为了保证项目实施与可持续发展，建立实施运作管理机构是一个非常重要的课题。

## 5.4 分阶段编制工程治理的基本规划

### 5.4.1 支流流域的研究与全流域

除主河洪水治理之外，工程治理（土木工程治理、生物工程治理）在详细掌握每个支流小流域的地形、地质、土壤等情况的基础上进行研究。但小江流域面积达 3058 平方公里，详细研究在时间上、工作量上都很困难。为了提高工程治理研究的效率，采用分阶段推进方法。首先选择几个典型小流域重点研究的基础上，编制基本规划方案。再将重点小流域研究中得到的见解，向别的流域扩展，形成小江全流域的基本规划。

支流流域详情的总结、典型流域的确定在本节中叙述，典型流域基本规划方案在第六章叙述，小江全流域的基本计划在第 7 章中叙述。

至于主河洪水治理和非工程治理研究，不进行分阶段研究，在第 7 章中全流域统筹研究，根据需要，对各个小流域再进行补充研究。

### 5.4.2 阶段性工程治理基本规划的编制流程

第 1 阶段，将小江全流域分割成若干小流域，制作反映各个小流域特性的详情表。第 2 阶段，从小流域详情表中选择几个典型小流域，在选择典型流域时，已经确定的 4 个优先小流域作为第一候选。第 3 阶段，进行典型流域治理方案研究（包括备选方案研究），编制典型流域的基本规划方案。最终阶段，将典型小流域研究所获得的见解扩展到别的小流域，编制所有小流域的治理方案。

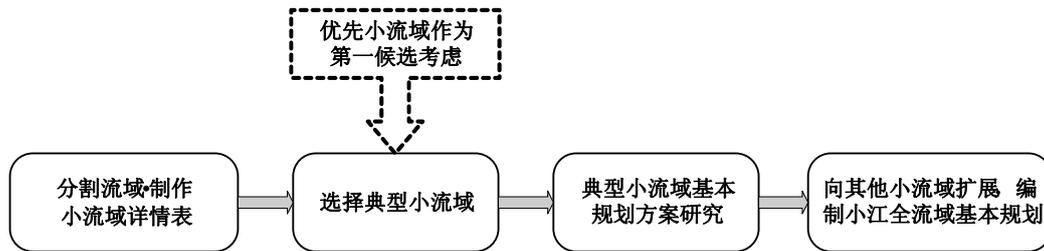


图 R 5.4.1 分阶段编制基本规划的程序

### 5.4.3 小流域详情表

#### 1) 流域分割

按照下述方针，将小江流域 3058 平方公里分割为如图 5.4.1 所示的 110 个小流域。最大的是 XA-16 小清河流域，面积 340.7 平方公里；最小的是 XY-3 白木管、DY-8 司马沟、KY-5 大多江沟，面积 1.7 平方公里。

- 小江、大白河和块河作为小江主河
- 直接汇入 3 条主河的支流中，凡在 1:50000 地形图上标出的支流，作为小流域进行流域分割。
- 1:50000 地形图上没有标出，但有灾害记录的支流也尽量作为流域分割对象
- 主河两岸的区间面积，按照主河延长 15 公路左右进行分割。

表 R 5.4.1 小流域数量

主 河	左岸的流域	右岸的流域	区间面积	合 计
小 江	16	8	3	27
大白河	21	25	7	53
块 河	11	14	5	30
合 计	48	47	15	110

## 2) 小流域详情表

对于分割出的小流域，以前各章所述的资料收集、分析研究结果为基础，分别整理每个小流域的社会（人口、人口密度、土地利用）、地形（海拔、主流路、山谷次数、山谷密度）、土砂量关系（地质、崩塌面积比例、土砂生产量和土砂流出量）、以往的灾害记录等情况，做成表 5. 4. 1 的小流域详情表。再将各科目数据 GIS 数据化，绘制成图 5. 4. 2 所示的各小流域特性一目了然的图片。

### 5. 4. 4 选定典型小流域

典型小流域必须能够代表 110 个小流域的土砂灾害治理及自然环境修复相关的特性。图 R5. 4. 2 中，小流域详情表中能够反映资产状况的人口密度作为 X 轴，最能反映荒废状况的单位面积土砂生产量（吨/km<sup>2</sup>/年）作为 Y 轴，将 110 个小流域的数据用用散布图表现。

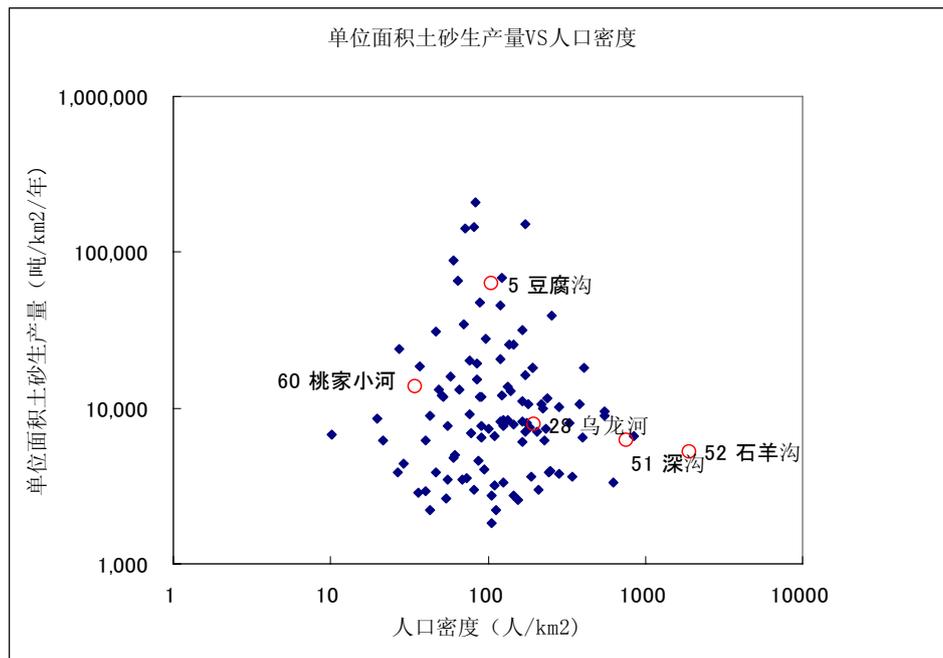


图 R 5.4.2 小流域单位面积土砂生产量与人口密度的关系

图 R5. 4. 2 中优先小流域 XZ-5 豆腐沟、DZ-1 乌龙河、东川市区 (DY-3 深沟、DY-4 石羊沟)、DY-12 桃家小河用○表示。从该图中可以看出，优先小流域分布合理，不能不说可以代表 110 个小流域。比如，豆腐沟是流域荒废显著的小流域代表，桃家小河是中等荒废程度的代表，人口密度最高的东川市区（深沟、石羊沟）是包括市区的小流域代表，乌龙河是荒废程度较低的代表。因此将 4 个优先小流域选择为典型小流域，在下一章中进行治理方案研究。

典型小流域（优先小流域）的基本特性见表 R5. 4. 2。

表 R 5.4.2 典型小流域基本特性

流域	县区乡镇	流域面积 (km <sup>2</sup> )	预测流域人口 (人)	村庄数量	主要土地利用	林地比例 (%)	单位面积产沙量(吨/km <sup>2</sup> /年)	主要灾害记录	
豆腐沟	东川区播卡乡	16.0	1,690	4	荒山草坡、耕地、林地	25.8	62,700	泥石流滑坡	
乌龙河	东川区乌龙乡、新村镇、新田乡	134.6	27,550	13	耕地	26.9	7,100	泥石流滑坡	
东川市区	深沟	东川区新村镇、碧谷镇	37.9	28,630	9	林地、耕地、荒山草坡	33.0	6,300	1964年泥石流
	石羊沟	东川区新村镇	18.7	35,530	6	耕地	15.1	5,200	1964年泥石流、1997年芦柴塘滑坡
桃家小河	会泽县驾车乡东川区姑海镇	72.6	2,500	6	荒山草坡、耕地	17.9	13,700	1957年泥石流	
合计		279.8	95,900	38		24.5	11,800		

#### 5.4.5 工程治理的两个角度（泥石流治理和流域水土保持）

除主河洪水治理之外的工程治理研究从两个角度进行，一是以各条溪流为对象的泥石流治理，二是基于小江全流域土砂平衡的流域水土保持。

泥石流治理：从 110 个小流域的所有 1 次山谷溪流中选出有应该保护资产的泥石流沟，作为研究对象进行泥石流治理方案研究。规划土砂量原则上使用一次洪水的土砂量。流域水土保持角度的治理就是以自然环境修复为主，研究如何控制主支流河床上升、减少流入金沙江、长江的土砂量的方案。要注重长期的土砂平衡，因此研究采用的土砂量为年平均土砂量。

表 R 5.4.3 泥石流治理与流域水土保持治理

角度	目的	对象	规划所使用的土砂量	可采用的主要工程设施
泥石流治理	泥石流	有保护对象的危险泥石流沟	一次洪水的土砂量	拦沙坝、谷坊、固床坝、护坡、排导槽、山坡防护工程、停淤场和导流工程
流域水土保持	修复自然环境、控制河床上升和流入下游的泥沙	小江全流域	年平均土砂量	造林、拦沙坝、谷坊、固床工程、护坡、排导槽、山坡防护工程、停淤场

## 1) 确定泥石流治理研究对象流域

过去一直说小江流域有 107 条泥石流沟，这只不过是直接与主河汇流的支流中的泥石流沟。实际上在如此陡峭的地形条件下，有可能发生泥石流的支流、支沟数不胜数。本次调查中划出的包括 0 次山谷在内的支流支沟大约有两万条，几乎全部都有泥石流发生的潜在危险。

针对所有的支流支沟进行治理并没有什么价值，应该对有保护对象的溪流重点投资治理。保护对象暂定为市区、100 户以上的大村庄、主要公路、500 亩以上的现有农田以及可开发农田。泥石流泛滥区域内有这些保护对象的 1 次山谷以上的河流、溪流作为泥石流治理研究对象，从 1 : 50000 地形图以及 SPOT 卫星照片上选出来。另外，以前发生过泥石流堵断主河的溪流也作为泥石流治理研究的对象。

这样选出的泥石流治理研究对象溪流（表 R5.4.4）共有 106 条，流域面积 956 平方公里，分布在 5.4.3 节分割出的 110 个小流域中的 55 个小流域。106 条支流支沟的详细情况见表 5.4.2 和图 5.4.1。各县区的数量为，东川区 60 条、会泽县 31 条、寻甸县 9 条、地跨东川和会泽的有 6 条。

表 R 5.4.4 泥石流治理研究对象溪流

溪流特性		溪流（基准点）数量	备注
保护对象	东川市区	5	深沟、石羊沟流域
	市区以外的 100 户以上的村庄	26	
	主要公路	47	功山—新村公路 龙潭—东川公路（在建） 东川—巧家公路（改建）
	现有以及可开发农田面积 50 亩（33 公顷）以上	49	
过去发生过泥石流堵断主河（小江、大白河、块河）的溪流		11	大田坝、牛坪子、豆腐沟、太平村沟、尖山沟、泥浆沟、蒋家沟、铜厂箐、大白泥沟、小白泥沟、桃家小河
合计		136 (106)	

注) 括号内为减去重复部分的数值

## 2) 流域水土保持

流域水土保持以小江全流域为对象，研究控制主河及支流河床上升、减少流入金沙江、长江的土砂量的方案。根据第 4 章的实际土砂收支平衡研究结果，目光放在土砂生产源上，研究必要的治理。

## 第 6 章 典型流域工程治理方案研究

本章中对典型流域（豆腐沟、乌龙河、东川城区、桃家小河）的土砂灾害综合治理以及环境修复，从泥石流治理和流域水土保持两个方面进行研究。

### 6.1 泥石流工程治理研究

首先对典型流域的城区、村庄、农田、公路等财产和设施造成危害的泥石流，进行工程治理研究。

#### 6.1.1 控制泥沙量

##### 1) 规划基准点、辅助基准点以及规划标准设定

在制定泥石流治理规划时，首先需要设定用于确定治理对象的土砂量的基准点。典型流域土砂流出量计算的基准点，在综合考虑泥石流泛滥起点（地形）、重要保护对象的位置、泥石流治理工程设施配置的基础上设定，基准点位置参见表 5.4.2 和图 5.4.3。豆腐沟和桃家小河还在可开发农田的上游方向设置了辅助基准点。

关于泥石流治理和防洪的规划标准，5.2.1 节中提到《全国山洪灾害防治规划编制技术大纲》（2003 年 4 月）和《防洪标准》（GB50201—94，1995 年 1 月 1 日开始执行）（国家水利部的《水利技术标准汇编—防汛抗旱卷》）中的城市和农村防治标准见表 R6.1.1 和表 R6.1.2。根据该标准，小江流域的泥石流治理研究对象溪流，无论城市和农村全属于等级 4，小城市的泥石流防治标准为 20 年一遇。农村的泥石流防治标准没有明确记载，参照城市的标准，村镇泥石流防治标准略高于防洪标准，也就是 20 年左右。

表 R 6.1.1 城市防洪和泥石流防治设计标准

等级	重要程度	人口	规划标准（重现期：年）	
			山洪	泥石流
1	特别重要都市	150 万人以上	50~100	100>
2	重要都市	50~150 万人	20~50	50~100
3	中等都市	20~50 万人	10~20	20~50
4	小都市	20 万人以下	5~10	20

出所：《全国山洪灾害防治规划编制技术大纲》

表 R 6.1.2 村镇防洪设计标准

等级	防治保护区人口	耕地面积	防洪（重现期：年）
1	150 万人以上	300 万亩以上	50~100
2	50~150 万人	100~300 万亩	20~50
3	20~50 万人	30~100 万亩	10~20
4	20 万人以下	30 万亩以下	5~10

出所：《水利技术标准汇编 防洪抗旱卷》

另外根据东川区泥石流防治研究所的介绍，泥石流防治规划标准原则上采用 20 年一遇，新村镇和碧谷镇等东川城区采用 50 年一遇的标准。东川城区城建规划的要求为 100 年一遇。

本次规划中参照上述标准，并结合当地的惯例和发展动向，原则上采用 20 年一遇，东川城区流域（深沟、石羊沟、田坝干沟）采用 100 年一遇的泥石流治理规划标准。

表 R 6.1.3 典型流域的泥石流治理研究对象溪流的基准点以及规划标准

支流	小流域编号	基准点	流域面积 (km <sup>2</sup> )	泥石流治理 规划标准 (重现期)	适用
豆腐沟	XZ-5	1	12.7	20	
	XZ-5	1-1	8.6	20	辅助基准点
	XZ-5	1-2	2.1	20	辅助基准点
	XZ-5	2	1.9	20	
烏龍河	DZ-1	1	4.5	20	
	DZ-1	2	1.8	20	
	DZ-1	3	3.9	20	
	DZ-1	4	2.1	20	
	DZ-1	5	0.5	20	
	DZ-1	6	0.7	20	
东川区 市街地流域	DY-3	1	24.2	100	深沟流域
	DY-3	2	2.8	100	深沟流域
	DY-3	3	0.9	100	深沟流域
	DY-4	1	7.3	100	石羊沟流域
	DY-4	2	1.8	100	石羊沟流域
桃家小河	DY-12	1	72.6	20	
	DY-12	1-1	65.1	20	辅助基准点

## 2) 规划土砂流出量计算

### a) 可能移动土砂量

可能移动土砂量（不稳定土砂量）的计算方法如下：

规划标准的降雨条件下的可能移动土砂量，包括 0 次沟谷的崩塌在内，使用下述公式计算泥石流发生时，可能移动的沟床内堆积的土砂量。

$$V_e = A_e \times L_e$$

$$A_e = B \times D_e$$

$V_e$  : 可能移动土砂量 (m<sup>3</sup>)

$A_e$  : 可能移动的沟床堆积物的平均断面面积 (m<sup>3</sup>)

$L_e$  : 沟口到流域最远点的流路长度 (m) (有支沟的话，还要加支沟的长度)

$B$  : 泥石流发生时可能侵蚀的平均沟床宽度 (m)

$D_e$  : 泥石流发生时，可能发生侵蚀的沟床堆积物平均深度 (m)

### b) 可能搬运土砂量

规划标准的泥石流能够搬运的土砂量（可能搬运土砂量）的计算方式为：规划标准的降雨量乘流域面积得出流域的总水量，总水量再乘以泥石流的浓度，再乘以修正系数。

$$v_{ec} = \frac{10^3 \times R_T \times A}{1 - \lambda} \left( \frac{C_d}{1 - C_d} \right) \times fr$$

$$fr = 0.05(\log A - 2.0)^2 + 0.05$$

$R_T$  : 规划标准的降雨量 (mm)

$A$  : 流域面积 (km<sup>2</sup>)

$\lambda$  : 孔隙度

$C_d$  : 泥石流泥沙浓度

$Fr$  : 修正系数

根据中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所等单位的研究成果, 泥石流分为粘性、粘性—稀性、稀性三个类型, 孔隙度和浓度采用各个类型的平均值, 未确定类型的泥石流沟采用粘性—稀性泥石流的孔隙度和泥石流浓度。修正系数的上限为 0.5, 下限为 0.1。

### c) 规划土砂流出量

通过可能移动土砂量和可能搬运土砂量的比较, 确定规划土砂流出量。从表 R6.1.5 可以看出, 每个流域都严重荒废, 不稳定土砂量 (可能移动土砂量) 很多, 可能移动土砂量是可能搬运土砂量的几倍到十几倍。因此将可能搬运土砂量作为规划土砂流出量。

### d) 泥石流峰值流量

泥石流峰值流量采用日本的公式进行计算。

$$Q_{sp} = \alpha Q_p$$

$$\alpha = C_* / (C_* - C_d)$$

$Q_{sp}$  : 泥石流峰值流量 (m<sup>3</sup>/s)

$Q_p$  : 清水流量 (m<sup>3</sup>/s)

$C_*$  : 泥石流浓度

$C_d$  : 堆积土砂的浓度

根据泥石流分类, 粘性、粘性—稀性和稀性, 系数  $\alpha$  分别采用 10.7、3.0 和 1.8。类型不确定的泥石流采用粘性—稀性的系数值 ( $\alpha = 3.0$ )。

清水流量  $Q_p$  和造峰时间分别采用角屋公式和理论公式进行计算。

$$Q_p = 1/3.6 \times r_e \times A \quad (\text{理论公式})$$

$$t_c = 120 \cdot A^{0.22} \cdot r_e^{-0.35} \quad (\text{角屋公式})$$

$A$  : 流域面积 (km<sup>2</sup>)

$r_e$  : 有效雨量强度 (mm/hr)

$t_c$  : 造峰时间 (分)

根据上述方法计算出的典型流域规划基准点和辅助基准点的规划泥沙流出量和峰值流量见表 R6.1.4。

表 R 6.1.4 典型流域的泥石流规划土砂流出量和峰值流量

支流流域	基准点	泥石流类型	流域面积	设计标准 (重现期: 年)	可能移动土砂量 (m <sup>3</sup> )	可能搬运土砂量 (m <sup>3</sup> )	规划土砂流出量 (m <sup>3</sup> )	泥石流峰值流量 (m <sup>3</sup> /s)	
豆腐沟	1	粘性	12.7	20	3,089,000	324,000	324,000	1,029	
	1-1	粘性	8.6	20	2,177,000	234,000	234,000	744	
	1-2	粘性	2.1	20	433,000	102,000	102,000	226	
	2	粘性	1.9	20	549,000	96,000	96,000	207	
乌龙河	1		4.5	20	651,000	80,000	80,000	118	
	2		1.8	20	208,000	46,000	46,000	54	
	3		3.9	20	494,000	74,000	74,000	105	
	4		2.1	20	254,000	51,000	51,000	63	
	5		0.5	20	22,000	20,000	20,000	18	
	6		0.7	20	69,000	25,000	25,000	24	
东川城区流域	深沟	1	稀性	24.2	100	3,601,000	197,000	197,000	389
		2		2.8	100	426,000	76,000	76,000	105
		3		0.9	100	92,000	37,000	37,000	39
	石羊沟	1		7.3	100	818,000	133,000	133,000	233
		2		1.8	100	292,000	58,000	58,000	71
桃家小河	1	稀性	72.6	20	7,144,000	471,000	471,000	733	
	1-1	稀性	65.1	20	6,388,000	422,000	422,000	674	

## 6.1.2 工程配置备选方案研究

### 1) 选择备选方案

针对前面计算出的规划土砂流出量和峰值流量，对工程治理（土木工程治理和生物工程治理）的各种组合所形成的备选方案进行研究。

如何治理泥石流有下述四种考虑方法：

- 控制泥石流的发生
- 拦蓄泥石流
- 泥石流控制和调节
- 安全排泄

与各种考虑方法相对应的治理措施和功能参见表 R6.1.5。

表 R 6.1.5 备选方案所适用的治理措施

分类	内容	工程措施	生物措施
控制泥石流的发生	在泥石流形成区域，实施抑制泥石流发生方面的工程治理	拦沙坝、固床坝、护坡、流域保全工程	治坡工程、造林
拦蓄泥石流	土砂流通区域，实施泥石流拦蓄方面的工程治理	停淤场 拦沙坝（储砂）、	—
泥石流控制和调节	土砂流通区域实施控制和调节方面的工程治理	拦沙坝 （控制 / 调节）、	—
泥石流安全排泄	在泥石流流通区域和堆积区域，实施泥石流峰值流量能够安全排泄方面的工程治理	排导工程	—

从改善流域荒废状况的观点出发，上述治理方案中，抑制泥石流发生方面的治理可以从根本上解决问题。但是全流域的年度土砂生产量高达 4200 万吨，并且表 R6.1.4 所示的可能移动土砂量 (Vec) 大大超过了可能搬运土砂量，各个典型流域的泥石流治理研究对象沟谷都有大量的不稳定坡面和不稳定土砂。因此，实施控制泥石流发生方面的治理，无论是在技术上还是在经济上都不太可能。因此，在泥石流治理方面不采用从控制泥石流发生的观点出发的治理，而是从泥石流灾害防治观点出发进行规划编制。在后述的 6.2 节流域水土保持工程治理研究中，造林和治坡工程等对泥石流的发生进行抑制的措施，作为流域水土保持治理措施而采用，以便抑制流域的荒废。

另外，储砂池、拦沙坝等是以拦蓄泥沙为目的的工程设施，为了防御泥石流的发生，这些拦蓄设施必须经常保持与规划土砂流出量相等的库容。但小江流域荒废程度高，土砂生产活动强烈，为了保持如此巨大的库容，必须能够经常清除堆积的土砂，或者在砂防规划中将历年生产的土砂量作为死库容计算进去。为了确保拦蓄库容，还需要继续重新建设拦蓄设施，不仅维护管理困难，在经济方面也不太可能。

另外，小江流域一直采用的以拦沙坝为中心的泥石流控制和调节方面的治理和排导槽建设等排泄导流治理，虽然在数量上还远远不够，但也起到一定的作用，可谓是实用型治理。

根据上述分析，后面的备选方案研究中，采用以泥石流调节为目的的拦沙坝和泥石流安全排泄为目的的导流工程。

## 2) 拦沙坝

### a) 拦沙坝的功能与规划土砂流出量

拦沙坝具有防止沟岸和沟床侵蚀、调节土砂流出量、拦蓄泥石流、削减势能和拦截漂流树木等功能。

因为可能移动的土砂量大大超过了可能搬运的土砂量，因此，着眼于拦沙坝的拦蓄泥石流和削减泥石流势能的功能，把拦沙坝的拦蓄量作为治理土砂量进行研究分析。拦沙坝设置在各个规划基准点上游，规划基准点的规划土砂流出量，由于拦沙坝而被拦蓄。故此，把大规模洪水发生时流入下游的泥沙量设为 0 立方米。

### b) 拦沙坝的类型

根据土砂拦蓄方法，拦沙坝分为通过型和非通过型两种。非通过型拦沙坝，由于洪水流量和正常流量的含沙量不同形成各自的泥沙淤积坡度（正常流量的泥沙淤积坡度和设计泥沙的淤积坡度），通过两者之间的差额发挥土砂调节功能，正常淤积坡度和洪水淤积坡度之间泥沙调节量就是拦蓄量。（参见图 R6.1.1）

通过型拦沙坝（格栅坝）的基本功能与非通过型拦沙坝一样，但是在大规模洪水发生时，暂时拦蓄泥石流和土砂。平常以及中小规模的洪水发生时，泥沙通过格栅部分全部流入下游。因此，经常保持较大的有效库容，可以估算的拦蓄量比较大。

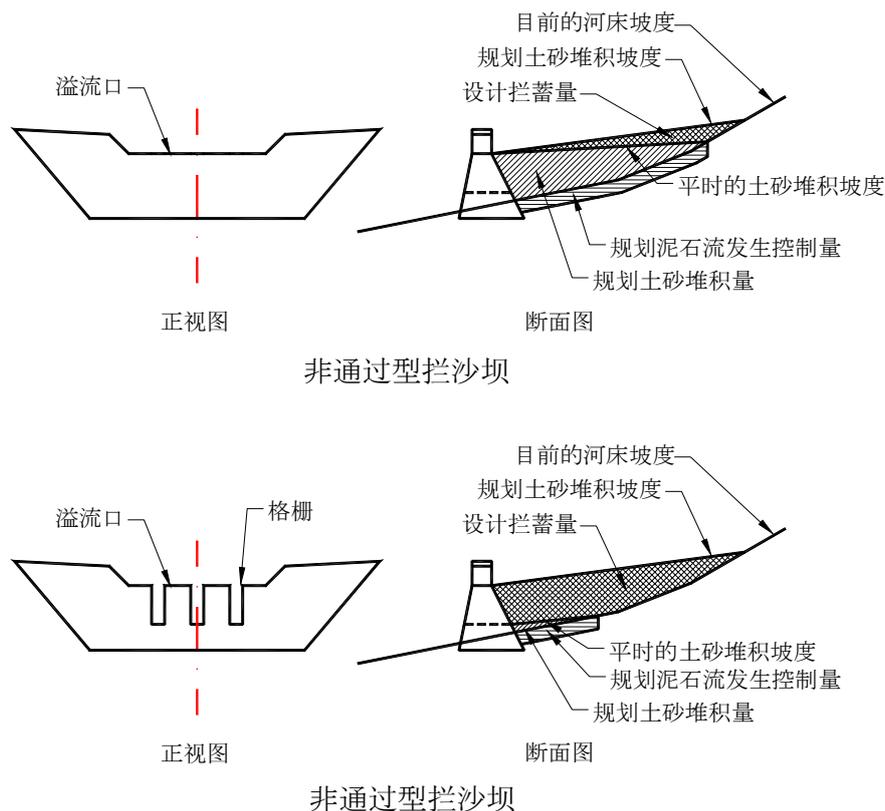


图 R 6.1.1 非通过型以及通过型拦沙坝的拦蓄量

为了使通过型拦沙坝(格栅坝)发挥泥石流拦蓄作用, 需要注意格栅部分的设计。另外拦蓄的石块可能会突然下泻, 有必要确保保护对象的安全, 与非通过型拦沙坝相比, 技术难度较大。

为此在流域上游设置拦蓄效果较大的通过型拦沙坝(格栅坝), 而在基准点和辅助基准点等附近有保护对象的地点, 设置功能稳定的非通过型拦沙坝。

通过型拦沙坝有混凝土格栅坝、钢铁格栅坝等类型。钢铁格栅坝的坝体开口部分较大, 开口部分设置由钢管构成的网格或者栅栏, 由于开口较大, 能顺利的将泥石流中的砾石与水分离, 能够在不形成洪水拥堵的前提下拦蓄砾石, 适应于粒径较大的砂砾型泥石流沟。然而开口狭长的混凝土格栅坝, 平常夹砂水流从开口部流出, 泥石流和洪水发生时, 拦蓄上游流下来的大量的泥沙, 削减土砂流出的峰值量。该功能对小江流域的挟沙洪水和稀性泥石流应该可以发挥作用, 对粘度较高的火山泥流的拦蓄效果已经得到实践检验。上述各种通过型拦沙坝(格栅坝)现在还在不断的进行研究开发, 需要综合最新的研究成果进行选择。本次研究规划中考虑到小江流域的河床堆积物质的粒径较小, 采用对粒度小、粘度高的泥石流能发挥作用的混凝土格栅坝。

### c) 拦沙坝的布设和规模

工程设施布设规划中需要注意以下几点:

- 规划基准点和辅助基准点布设(非通过型)基于拦沙坝。

- 如有辅助基准点，在辅助基准点之前拦截土石流，在辅助基准点到规划基准点之间布设导流工程。
- 拦沙坝很难与基岩附着，一般坝体高度不超过 15 米。基础深度 2.5~3 米，最大有效高度不超过 12 米。

#### d) 拦沙坝下游的排导槽

为了使后续流能够不形成危害顺利地流下去，同时，为了防止河床侵蚀下切，在最下游的拦沙坝下游侧布设排导槽。排导槽的规划标准，参照前面提到的《山洪规划编制技术大纲》的山洪防治标准，略低于泥石流防治标准，东川城区的溪流（深沟、石羊沟、田坝干沟）采用 20 年一遇的洪水标准，其他溪流采用 5 年一遇的洪水标准。

### 3) 导流堤

导流堤是防治泥石流泛滥，使泥石流不形成危害顺利流下的方法。小江流域的蒋家沟、达朵沟、沙湾大沟等采用导流堤，将泥石流导入小江。为了固定河道使泥石流顺利地流入导流堤，在导流堤的起点设置固床坝。

与拦沙坝相比，导流堤的造价较低。但导流堤允许泥石流流下去，因此泥石流发生时，有必要让周边的居民暂时撤离躲避。因此在选用导流堤，不仅要作经济分析，还需要考虑下游的状况，特别是有无住户和人口数量等。

#### 6.1.3 备选方案的初步设计和费用概算

根据前面的分析结果，接下来研究备选方案。

拦沙坝的规模和拦蓄量见表 6.1.2，备选方案 1：拦沙坝+排导槽，备选方案 2：导流堤+导流堤起点的固床坝。备选方案中的工程设施规模以及费用概算见表 6.1.3，内容概要见表 R6.1.6。

表 R 6.1.6 典型流域泥石流治理备选方案比较

支流流域	基准点	流域面积 (km <sup>2</sup> )	备选方案 1: 拦沙坝+排导槽			备选方案 2: 导流堤+固床坝			
			拦沙坝数量	排导槽长度 (m)	工程费 (千元)	导流堤长度 (m)	固床坝数量	工程费 (千元)	
豆腐沟	1	12.7	8	4,500	18,300	4,500	1	13,150	
	2	1.9	4	1,100	6,360	1,100	1	2,160	
乌龙河	1	4.5	2	1,300	3,250	1,300	1	2,220	
	2	1.8	3	2,000	4,480	2,000	1	2,490	
	3	3.9	4	2,000	5,770	2,000	1	2,820	
	4	2.1	3	1,300	3,580	1,300	1	1,760	
	5	0.5	2	1,100	2,460	1,100	1	1,180	
	6	0.7	2	1,500	2,000	1,500	1	1,580	
东川城区	深沟	1	24.2	3	3,900	11,080	3,900	1	7,770
		2	2.8	4	3,700	8,370	3,700	1	4,700
		3	0.9	3	1,600	4,790	1,600	1	1,890
	石羊沟	1	7.3	4	3,700	9,610	3,700	1	5,290
		2	1.8	3	3,700	7,220	3,700	1	4,220
桃家小河	1	72.6	3	4,000	15,480	4,000	1	11,750	

#### 6.1.4 效益计算

根据日本国土交通省的《泥石流治理工程投资效益分析手册》，泥石流治理工程效益包括直接减灾效益、间接减灾效益、对地方经济产生的效益等多种多样的科目。本次效益计算，选择其中可以定量评价的科目进行计算。也就是说对减灾效益（减少房屋受灾损失、减少公用公益设施的受灾损失、保护人民生命安全的效果、减少灾害引起的停产停业损失、减少的交通中断引起的损失）以及农田开发效益（可利用土地面积扩大）进行计算。

##### 1) 效益计算方法

###### a) 减灾效益

###### i) 泥石流泛滥区域预测

泥石流泛滥区域本来应该通过模拟试验推算，但考虑到是基本规划层次的研究，适当降低精度也没有什么问题，因此参照《泥石流治理工程投资效益分析手册》将泛滥区域分为堆积扇和河谷平原，对泛滥面积进行下述简易推算。

表 R 6.1.7 各堆积厚度的泥石流泛滥区域推算

项 目		堆积扇	河谷平原
泥石流泛滥面积计算		$A_i = (V_i / 0.925)^{1/2} \times 1 / 667$ $A_i$ : i 年一遇的泛滥面积 (亩) $V_i$ : i 年一遇的土砂量 ( $m^3$ ) $L$ : 平均流动距离 (km)	$A_i = A_p \times (V_i / V_{100})$ $A_i$ : i 年一遇的泛滥面积 (亩) $V_i$ : i 年一遇的土砂量 ( $m^3$ ) $A_p$ : 地形解读的可能泛滥的面积
各堆积厚度	125cm	90	60
的泛滥面积	75cm	5	15
比例 (%) *	25cm	5	25

\* 参考：日本国土交通省《泥石流治理工程投资效益分析手册》

###### ii) 房屋、家庭财产和农作物的灾害损失

资产额乘以不同堆积厚度的受灾比例可计算出灾害损失。资产数量通过 SPOT 卫星照片推算，资产额通过针对村民委员会的问卷调查和实地访问调查设定。受灾比例参考上述《手册》设定。象豆腐构和桃家小河等过去发生泥石流堵江引起的灾害损失也要计算进去。

###### iii) 公共设施的灾害损失

东川城区等市区的公共建筑、道路、电杆等公共设施密集区域的公共设施灾害损失和房屋受灾损失假设为 50%。另外豆腐沟口的公路桥，桃家小河的公路桥和团结渠取水坝，都在泥石流泛滥区域，直接遭受泥石流的威胁。100 年一遇洪水的受灾损失设定为资产总值的 50%，20 年一遇泥石流的灾害损失与泥石流泥沙量成正比。

###### iv) 人员伤亡

推测发生死亡有两种情况，就是房屋完全倒塌以及通过保护对象中的公路桥梁时，遭受泥石流袭击。

关于房屋完全倒塌引起的人员伤亡，根据日本泥石流受灾情况调查中人员伤亡和房屋倒塌的调查结果，50 年以上一遇的泥石流按照下述公式计算。

$$Y = 2.600 X^{0.663}$$

公式中 X: 完全损坏的房屋数量(泥石流淤埋 125cm 的房屋数量)  
Y: 死亡人数 (人)

通行中的车辆直接遭受泥石流袭击造成的人员伤亡, 参考 1985 年老干沟泥石流袭击了正在通行的车辆, 导致 12 人死亡。豆腐沟和桃家小河也有可能发生同样的事故, 因此百年一遇泥石流的死亡人数按照 12 人估算, 50 年一遇以上的泥石流按照泥沙比例计算死亡人数。

生命价值按照如果活着的话可以获得的利益, 折算成现金计算。折扣率为 8%, 根据中国人口年龄结构下的莱布尼茨系数(注), 计算出的价值相当于年收入的大约 15 倍。(注: 在赔偿损失方面, 计算将来应得利益的方法。Leibniz' s Calculation Method)

#### v) 间接损失

间接损失包括停业停产损失、桥梁毁损交通中断产生的损失、团结渠受灾引起的农业生产损失。停产停业方面的损失, 房屋受灾家庭按照 90 天没有收入计算。豆腐沟交通中断产生的损失, 计算绕道产生的通行时间增加带来的营业收入损失和燃料费用增加部分。但桃家小河即便功山~新村的公路中断, 还可以走旁边的龙东公路(龙潭—东川), 因此不计算交通中断损失。

桃家小河沟口下游的团结渠受灾引起的农业生产损失, 100 年一遇泥石流按照 10% 计算, 20 年一遇以上的泥石流按照土砂量的比例计算。

#### vi) 计算年均减灾效益

如表 6.1.1 所示, 根据以往的研究成果, 泥石流类型不同爆发频率也不同, 为此粘性泥石流按照 5 年一遇, 其他泥石流按照 5~10 年一遇考虑。

年平均减灾效益作为效益期待值来进行计算, 计算时考虑灾害发生频率。计算结果中, 典型流域中的豆腐沟、深沟基准点编号 1-2 的支沟的灾害损失和减灾效益汇总为样表 6.1.5。

#### b) 农田开发效益

小江流域位于地形陡峭的山区, 农田开发也是泥石流治理的目的之一。砂石遍地的堆积扇、河谷平原, 通过泥石流治理泥沙得到控制之后, 也可以开发为农田。70 年代~90 年代实施的大桥河治理项目, 成功开发农田 5000 亩(333 公顷), 该项目作为东川治理模式成为全国性示范工程。

根据 2004 年 3 月拍摄的 SPOT 卫星照片(解像度 2.5m), 本次调查中作为泥石流治理研究对象的 106 条支沟中, 预测可以新开发农田 16000 亩(1070 公顷), 典型流域中豆腐沟、乌龙河、桃家小河共计可以开发农田 2180 亩(145 公顷)。

农田开发效益为农田开发后作物产量减去生产费用的价值。农业区域的泥石流治理标准为 20 年一遇, 20 年中将会有 1 年因泥石流灾害没有收益。计算过程用表 6.1.4 表示, 设水稻和当地产量较高的谷物或者蔬菜种植一年两熟, 则单位面积的开发效益为 1130 元/亩/年。

### 2) 效益计算结果

根据上述方针, 进行的效益计算过程和结果汇总为表 6.1.6, 典型流域 14 条支沟的泥石流治理效益见表 R6.1.8。

表 R 6.1.8 典型流域泥石流治理效益合计表

流域面积	泛滥区域的财产					效益（市场价格）		
	泥石流支沟数	现有农田	可开发农田	房屋数量	主要桥梁和堤堰	减灾效益	农田开发	合计
(km <sup>2</sup> )	(条)	(亩)	(亩)	(户)	(座)	(千元/年)	(千元/年)	(千元/年)
137.7	14	19,610	2,180	9,480	4	11,413	2,463	13,876

### 6.1.5 确定最佳方案

从备选方案经济评价见表 6.1.7，经济评价指标中的净现值（NPV）和产投比（B/C）按照折扣率 8%，设施使用寿命 50 年计算。市场价格与经济价格之间按照 85% 折算。

从计算结果可以看出，备选方案 2 的工程费用要比备选方案 1 低，经济指标也比相对较高。单从经济评价来看，备选方案 2 要比备选方案 1 好一些。但这是经济效益相同情况下的计算结果，实际上两者之间的效益差别在上述计算中没有体现出来。在治理质量方面，备选方案 2 不如备选方案 1。比如，备选方案 2 允许泥石流流下去，泥石流发生时，导流工程内有人，很可能会遭受袭击。另外泥石流流动时发出的震耳欲聋的声音，会给附近的居民带来恐惧感。

因此不能单从经济评价选择备选方案，还需要考虑保护对象。居民在 100 户以上，居民在 100 户以下但产投比大于 1 时，采用备选方案 1，通过拦沙坝的拦蓄作用，从基准点流入下游的土砂流出量按照 0 立方米设计。其他流域采用允许泥石流流下去的备选方案 2 作为最佳方案。

最佳方案的内容见表 6.1.8，内容概要见表 R6.1.9。典型流域的工程设施布设规划见图 6.1.1。

表 R 6.1.9 典型流域泥石流治理最佳方案

支流流域	基准点	流域面积 (km <sup>2</sup> )	拦沙坝 (座)	排导槽 (m)	导流堤 (m)	工程费用 (千元)	产投比 B/C	
豆腐沟	1	12.7	-	-	4,500	13,150	1.37	
	2	1.9	-	-	1,100	2,160	3.01	
乌龙河	1	4.5	2	1,300	-	3,250	1.03	
	2	1.8	3	2,000	-	4,480	1.11	
	3	3.9	4	2,000	-	5,770	1.01	
	4	2.1	3	1,300	-	3,580	1.06	
	5	0.5	-	-	1,100	1,180	1.20	
	6	0.7	2	1,500	-	2,000	1.57	
东川城区	深沟	1	24.2	3	3,900	-	11,080	3.32
		2	2.8	4	3,700	-	8,370	1.44
		3	0.9	3	1,600	-	4,790	3.48
	石羊沟	1	7.3	4	3,700	-	9,610	2.33
		2	1.8	3	3,700	-	7,220	2.97
桃家小河	1	72.6	-	-	4,000	11,750	1.01	
合计		137.7	31	24,700	10,700	88,390	1.90	

## 6.2 流域水土保持工程治理研究

### 6.2.1 流域水土保持规划的编制程序与可采用的工程方案

#### 1) 流域水土保持规划的编制程序

流域水土保持针对小江全流域，研究控制主河与支流的河床淤积抬升、减少流入下游的金沙江、长江的泥沙为目的的治理方案。

小江流域的年平均土砂生产量高达 4200 万吨（参见表 R4.3.9），通过工程治理将这些土砂量控制到不形成灾害的程度，在经济方面和技术方面几乎是不可能的（特别是大型滑坡性崩塌地的治理，在经济上和技术上非常困难）。

因此，分析各种各样的备选方案组合，选择将土砂量控制到不产生灾害的程度的治理最佳方案这种方式，不符合小江流域的实际情况。鉴于小江流域流域水土保持所面临的这些问题，从下述观点进行规划研究。

- 首先分析，如果采用现实可行的并且在技术上也是可行的治理措施，流域水土保持治理可以达到什么样的效果。
- 然后确认所采取措施的经济合理性。如果经济上不合理，根据情况将治理规模压缩到合理程度。

#### 2) 分析可以采用的现实可行的工程治理方案

流域水土保持治理通常包括控制山地坡面、沟床沟岸侵蚀等控制土砂生产方面的治理和通过拦沙设施拦蓄形成灾害的泥沙的控制输沙方面的治理。但是小江流域土砂生产量过于庞大，不难想象即便建设了拦沙设施，也会很快被泥沙淤平，控制输沙方面的治理不是上策。因此原则上通过控制土砂生产方面的治理来消减土砂生产量。

控制土砂生产方面的治理又包括山地坡面上的滑坡、崩塌、地表侵蚀、冲沟侵蚀等原始土砂生产源的土砂生产控制方面的治理与溪流河床、河岸等二次生产源的侵蚀控制方面的治理。从小江流域的土砂生产与流出状况老看，年平均土砂生产量为 4200 万吨，相比之下溪流河床、河岸的二次侵蚀量约为 200 万吨，仅有土砂生产量的 5%。因此即便实施溪流河床、河岸的侵蚀控制治理，也不能从根本上控制土砂的生产。

为此，关于典型流域的流域水土保持治理着重于控制土砂生产方面的治理措施（造林（造林+治坡工程）以及坡改梯），溪流河床、河道侵蚀控制治理不做特殊的考虑（关于拦沙坝，在前面叙述的泥石流治理中，已经考虑了工程设施的防止侵蚀的效果）。

表 R 6.2.1 可以采用的治理措施

目的	工程措施	生物措施	适用
控制土砂生产方面的治理	坡改梯	造林等（造林+治坡工程）	○
控制侵蚀方面的治理	拦沙坝、（固床坝）*	—	

## 6.2.2 典型流域控制土砂生产治理方面的规划

以下为典型流域通过造林、治坡工程、坡改梯等措施，控制土沙生产的治理规划。

### 1) 造林以及治坡工程规划

#### a) 造林以及治坡工程规划的制定程序

各典型的造林以及治坡工程按照下述程序制定规划：

- (1) 确认小江全流域的荒山荒坡、坡耕地、崩塌地、冲沟侵蚀地中可以造林的区域
- (2) 确认典型流域的土地利用情况以及设定造林对象区域
- (3) 典型流域造林对象区域的海拔分布和坡度分布以及面积计算
- (4) 选择各海拔带的造林树种
- (5) 设定造林树种的单价和治坡工程的单价
- (6) 计算造林以及治坡工程的费用

#### b) 造林以及治坡工程规划的内容

按照上述程序，制定的造林以及治坡工程规划的内容如下：

##### i) 确认荒山荒坡中的宜林地面积

制定造林规划，首先需要确认可以造林的区域。确认可以造林区域中可利用的资料包括：

- 东川区、寻甸县、会泽县的国土资源局和林业局公布的土地利用状况和林业用地以及一部分森林分布图。
- 本次卫星照片解读绘制出的地被状况图、坡度分布图、海拔分布图、崩塌地推移图
- 实地调查走访获得的信息等

根据这些资料设定可以造林的区域，在精确度方面存在下列问题。国土资源局和林业局的数据，没有图无法确定位置，又且年度也不同。利用卫星照片解读地被有些地域又难以解读。

因此，本次调查将三区林业局公布的无林地面积作为荒山荒坡的可造林面积。从卫星照片解读绘制出的地被状况图、坡度分布图、海拔分布图获得的各科目(海拔、坡度、典型流域)下的荒山荒坡面积，根据解读面积进行比例折算。

表 R 6.2.2 确定荒山荒坡中的造林面积 (km<sup>2</sup>)

项目	明细	东川区	寻甸县	会泽县	合计
①林业用地面积 (行政区)	林地	620	494	118	1,232
	①无林地*	384	48	100	532
	合计	1,004	542	218	1,764
林业用地面积 (小江流域内)	②小江流域面积所占的比例	1,463/1857 =0.78	1,002/1,549 =0.65	1.0	—
	③无林地 (①×②)	300	31	100	431
荒山草地	④地被分类图面积	501	118	261	880
	⑤不适宜造林面积**	132	8	30	170
	⑥修正值 (④-⑤)	369	110	231	710
***比例 (③/⑥)		0.81	0.28	0.43	-

\* 各县区林业局提供的数据

\*\* 海拔 3000 米以上以及 40 度以上的荒山荒坡面积

\*\*\* 用这个比例乘以卫星照片解读计算出的各海拔带、各坡度带的 (根据地被状况图、海拔分布图、坡度分布图计算出的) 荒山荒坡面积, 就能计算出造林面积。

#### ii) 设定坡耕地中的造林对象区域

对于 25 度以上的坡耕地, 由于水土保持和水土流失治理的需要, 是国家退耕还林项目的实施对象。退耕还林项目今后计划持续实施, 但具体的实施面积和实施计划还不明确, 因此也作为本项目的造林实施对象。在项目实施阶段, 如果已经实施退耕还林, 就减去这部分的面积。

但是 25 度以上坡耕地全部造林, 肯定会导致农民失去生产生活场所, 因此还需要保留一部分继续作为农田使用。虽然各地的土地利用状况和生活环境不能一概而论, 但大体上按照 75%造林, 25%作为耕地保留。坡耕地的减少部分, 原则上通过补助和造林收益维持生计。

#### iii) 设定崩塌地中的造林对象区域

崩塌地也是小江流域较大的土砂生产源之一。为了控制崩塌地的土砂生产, 在宜林区域通过治坡工程进行加固后造林。宜林区域为坡度 45 度以下, 海拔 3000 米以下的崩塌地。但是有些崩塌地上造林存在交通问题、土壤的适应性等诸多问题, 因此不可能 100%都可以造林, 为此根据表 R6.2.2 所示的荒山荒坡面积与林业用地面积的比例, 崩塌地面积的 50%作为造林对象区域。

#### iv) 设定冲沟侵蚀地的造林对象区域

如前所述, 小江全流域包括 0 次山谷在内的冲沟侵蚀地的总长度达 6000 公里, 也是大的土砂生产源之一。对于冲沟侵蚀, 实施治坡工程。参考卫星照片解读和实地调查等确定冲沟的平均宽度, 乘以总长度的 50%, 计算出的面积作为造林对象面积。

v) 确认典型流域的土地利用状况，确定造林以及治坡工程规划的对象区域

根据前面所述的 i)~iv) 的程序，计算出了个典型流域的造林对象面积，表 6.2.1 汇总了各种地被情况的造林对象面积。

vi) 选择各海拔带的造林树种

各海拔带的造林树种选择方面，从小江全流域出发，进行综合判断，选择各海拔带通常造林选用的有代表性的树种。造林类型以生态林为主。各海拔带的造林树种见表 R6.2.3。

表 R 6.2.3 各海拔带的造林树种

海拔	树种
3000m 以上	不造林（通过封山育林使草地自然恢复）
2400-3000m	高山松纯林以及华山松—旱冬瓜混交林
1500-2400m	华山松—旱冬瓜混交林、云南松—麻栎混交林、新银合欢—余甘子混交林、坡柳—苦刺混交林、圣诞—坡柳混交林、花椒林、核桃林、板栗林
1500m 以下	坡柳纯林、圣诞—坡柳混交林、坡柳—苦刺混交林、新银合欢—余甘子混交林、滇杨纯林

生态林中各树种的组合比例（纯林与混交林的比例）均等设置。混交林中的混合比例如下表：

表 R 6.2.4 混交林的树种混合比例

混交树种		混合比例
华山松	旱冬瓜	7 : 3
云南松	麻栎	7 : 3
新银合欢	余甘子	7 : 3
坡柳	苦刺	7 : 3
圣诞	坡柳	7 : 3

vii) 选择治坡工程的施工方法

对于崩塌地的治理中国基本上没有治坡工程的施工先例，《四川省安宁河流域造林规划调查》（2002 年 7 月）中对施工方法进行了研究分析，现在正在实施的示范工程，已经取得良好的效果。安宁河流域的地形、地质、气候条件与小江流域基本相似，这些施工方法在小江流域也应该是适应的。为此参考安宁河流域的施工方法，小江流域的治坡工程考虑采用图 R6.2.1 所示的栅栏工程、竹埂工程、草帘覆盖工程等的组合。

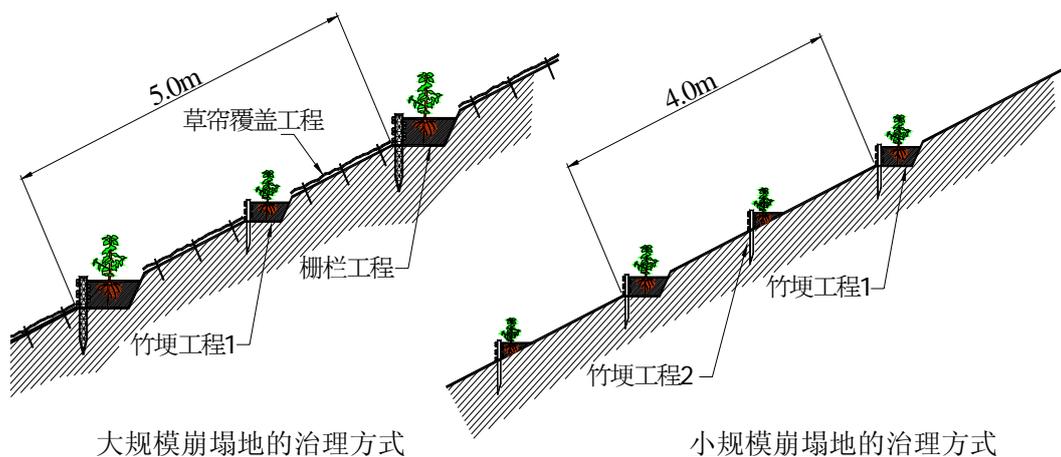


图 R 6.2.1 在崩塌地坡面治理的治坡工程施工模式图

#### viii) 造林单价以及治坡工程的单价

对于上述树种，根据目前小江流域造林的费用情况，设定单位面积的造林单价。关于治坡工程的费用，采用《四川省安宁河流域造林规划调查》（2002年7月）的平均单价。造林单价见表 6.2.2 以及表 6.2.3。

#### ix) 造林以及治坡工程的工程费用

根据前面计算出的面积和单价，计算造林以及治坡工程的费用。典型流域的造林以及治坡工程费用见表 6.2.4。

## 2) 坡改梯

坡改梯按照下列程序进行研究分析。

- (1) 设定坡改梯实施对象面积
- (2) 计算工程费用

#### a) 设定坡改梯实施对象面积

坡改梯的治理对象面积，同样参照《四川省安宁河流域造林调查规划》（2003年7月），坡改梯的实施对象为 15~25 度的坡耕地，考虑到下列情况，实施面积为总面积的 50%。

- 该流域正在实施全国生态环境建设规划，一部分坡耕地已经改为梯田。
- 有些耕地材料和工具难以搬运，坡改梯难以实施。

对于典型流域，根据卫星照片解读出来的地形分类，计算坡改梯的实施面积，计算结果见表 6.2.5。

#### b) 计算工程费用

关于工程费用，如下图所示，坡度假设为 15~25 度，计算 4 平方米的直接工程费用，最终折算为每平米设定工程单价，再乘以面积计算出工程费用（见表 6.2.5）。

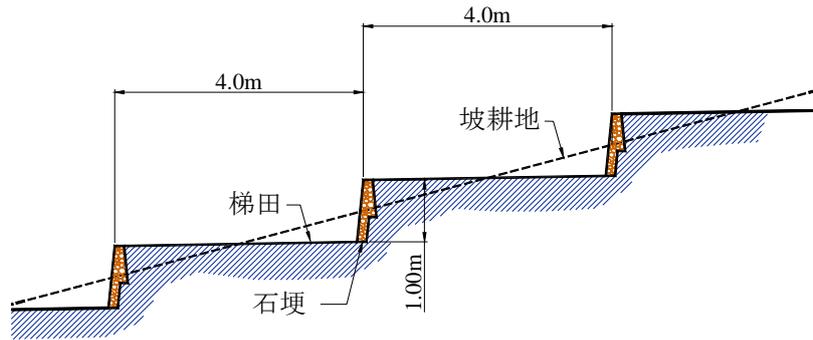


图 R 6.2.2 坡改梯示意图

### 3) 流域水土保持对土砂生产的控制效果

#### a) 各种治理措施的表面侵蚀控制效果

流域水土保持中提出的造林、退耕还林、治坡工程、坡改梯等措施，通过减缓雨滴的冲激、减少延缓地表径流、提高土壤的渗透吸收能力，减轻表面侵蚀动能，可以减少因表面侵蚀而产生的土砂量。

根据第 4 章各种条件下的地表侵蚀深度，各种措施的地表侵蚀控制量见表 R6. 2. 5。

表 R 6.2.5 各种治理措施的地表侵蚀控制效果

措施	治理前的地表侵蚀深度 (mm/年)	治理后的地表侵蚀深度 (mm/年)	表面侵蚀减少
荒山荒坡造林	2.75 (各坡度平均)	0.02 (高密度林地)	2,700 m <sup>3</sup> /年/km <sup>2</sup>
耕地造林 (退耕还林)	8.0 (25~45° 耕地)	0.02 (高密度林地)	8,000 m <sup>3</sup> /年/km <sup>2</sup>
山腹工 (崩塌地)	10.0 (崩塌地)	0.02 (高密度林地)	10,000 m <sup>3</sup> /年/km <sup>2</sup>
山腹工 (冲沟)	20.0 (冲沟)	0.02 (高密度林地)	400 m <sup>3</sup> /年/km
坡改梯	4.0 (15~25° 耕地)	0.02 (梯田)	4,000 m <sup>3</sup> /年/km <sup>2</sup>

#### b) 造林对崩塌发生的抑制效果

关于树木的崩塌防止功能，由于崩塌现象的发生与地形、地质、土壤、森林等根本因素与降雨、地震等诱发因素有关，这些因素之间的关系盘根错节非常复杂。因此单独对树木的崩塌防治功能进行具体的分析非常困难。但是土壤中扩展分布的树根可以增加土层的抗剪断强度，紧紧地束缚土壤，使土层与基岩紧密连接，增加坡面力学强度。这些方面的作用已经通过实验证明。森林对坡面崩塌的抑制作用，特别是树根深入范围内的表层崩塌的防治效果不容忽视。

表 R6. 2. 6 对 1979 年 12 月至 2004 年 3 月之间新发生的崩塌地面积按照地被类型分类，然后计算平均面积和平均深度。根据计算结果，荒山草地的崩塌发生率高于林地和耕地。因为林地和耕地的崩塌发生率基本相同，因此可以说退耕还林对新发生崩塌没有抑制效果。

表 R 6.2.6 各种地被的新崩塌发生率

地被	面积 (m <sup>2</sup> )	其中新崩塌地面积 (24 年) (m <sup>2</sup> )	年度崩塌发生率	每块新崩塌地平均面积 (m <sup>2</sup> )	新崩塌地的平均深度 (m)
林地	873,400,000	1,554,000	0.007%/年	1,600	6.8
荒山草地	883,500,000	5,207,000	0.025%/年	2,300	8.2
耕地	1,223,400,000	2,187,000	0.007%/年	1,800	7.2

利用表 R6.2.6 中的数据, 对荒山荒坡造林的新崩塌地发生抑制量的计算结果见表 R6.2.7。

表 R 6.2.7 造林对新崩塌地发生的抑制量

治理措施	治理前单位面积的年度新崩塌发生数量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)	治理后单位面积的年度新崩塌发生数量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)	年度新崩塌抑制量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)
荒山荒坡造林	2,100	500	1,600

c) 治坡工程对崩塌扩大的抑制效果

崩塌扩张就是崩塌地(持续发展崩塌地)在径流推移作用下的土粒子剥离, 不稳定的崩塌地侧壁以及上部在重力作用下发生崩塌, 横断性扩张不断向上游方向沿伸的现象。表 R6.2.8 对小江流域的扩大以及持续发展的崩塌地按照地被类型分类, 计算持续发展崩塌地的崩塌扩大率、一块崩塌地的平均面积以及平均深度。

表 R 6.2.8 持续发展崩塌地的扩张性崩塌发生率

地被	地被内崩塌地扩张面积 (24 年) (m <sup>2</sup> )	地被内持续发展的崩塌地面积 (m <sup>2</sup> )	年度崩塌扩大率	每块扩大崩塌地的平均面积 (m <sup>2</sup> )	扩大崩塌地的平均深度 (m)
林地	673,000	10,806,000	0.26%/年	2,700	13.4
荒山草地	3,900,000	37,267,000	0.44%/年	3,700	16.2
耕地	793,000	10,206,000	0.32%/年	1,900	11.1
合计	5,366,000	58,279,000	0.38%/年	3,100	14.5

从表 R6.2.8 可以看出, 按照林地、耕地、荒山荒坡的顺序, 崩塌扩大率增加 3 成左右。认为通过实施治坡工程, 能够控制现有崩塌地的崩塌面积扩大, 崩塌扩大率按照 0.38%/年(合计值)计算抑制量, 计算结果见表 R6.2.9。

表 R 6.2.9 治坡工程(崩塌地)的崩塌扩大抑制量

治理措施	治理前崩塌地单位面积每年的扩大量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)	治理后崩塌地单位面积每年的扩大量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)	年度崩塌扩大抑制量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)
治坡工程(崩塌地)	55,000	0	55,000

#### d) 典型流域的流域水土保持治理的土砂生产抑制量

根据上述研究分析结果，典型流域通过流域水土保持治理，年度的土砂生产抑制量整理为表 R6. 2. 10。总的抑制量（土砂生产量减少部分）为 126.78 万吨/年，占目前典型流域土砂生产量 328.5 万吨/年的 39%。

表 R 6.2.10 通过流域水土保持治理每年的土砂生产抑制量

治理措施	实施面积	地表侵蚀抑制量 (吨/年)	新崩塌抑制量 (吨/年)	崩塌扩大抑制量 (吨/年)	合计 (吨/年)
荒山荒坡造林	46,614,000 m <sup>2</sup>	216,200	149,200	-	365,400
退耕还林	15,202,000 m <sup>2</sup>	182,100	-	-	182,100
治坡工程（崩塌地）	3,129,000 m <sup>2</sup>	62,400	-	344,200	406,600
治坡工程（冲沟）	280,000 m	190,200	-	-	190,200
坡改梯	20,665,000 m <sup>2</sup>	123,500	-	-	123,500
合计	-	774,400	149,200	344,200	1,267,800

#### 4) 流域水土的工程费计算

前项为止的典型流域流域水土保持治理工程费用统计见表 R6. 2. 11，工程费用中不包括物价上涨预备费。（物价上涨预备费参见 7. 4. 2 节）

表 R 6.2.11 典型流域水土保持治理工程费汇总表

单位：元

治理措施	豆腐沟	乌龙河	东川城区	桃家小河	小计
荒山荒坡造林	3,663,000	17,344,000	6,836,000	11,186,000	39,029,000
退耕还林	420,000	4,961,000	1,839,000	5,423,000	12,643,000
治坡工程（崩塌地）	3,638,000	16,436,000	2,274,000	8,445,000	30,793,000
治坡工程（0次山谷）	2,127,000	10,427,000	2,881,000	3,773,000	19,208,000
坡改梯	1,237,000	28,138,000	6,153,000	12,001,000	47,529,000
合计	11,085,000	77,306,000	19,983,000	40,828,000	149,202,000

#### 5) 流域水土保持的经济评价

##### a) 流域水土保持的效益计算

流域水土保持的效益主要体现在下列几个方面：

- 前项中所叙述的，流域水土保持治理对土砂生产的抑制效益
- 造林的二氧化碳吸收效益以及保水效益
- 坡改梯的农田改良效益

对这些效益进行定量计测非常困难，但以往的报告书以及参考文献中的数值如下：

**i) 土砂生产抑制效益**

清理堆积土砂的费用作为土砂生产控制效益计算。采用《四川省安宁河流域造林规划调查》（2002年7月）中，堆积土砂的清理费用9元/立方米。

树木的成长期平均按照8年计算，在成长期内效益从0开始直线上升。

**ii) 二氧化碳吸收效益**

现在中国为了保持水土而营造的水土保持林，吸收二氧化碳产生的防止地球温暖化效益，作为国家效益，按照743元/公顷/年计算（《现代林业研究方法》中国林业出版社）。然而日本林野厅采用的标准为49000日元/公顷（4000元/公顷）。从日本与中国的物价差来看，顺便提一下，《清洁开发机制（CDM）》中设定的二氧化碳价格约为80美元（约合650元/公顷）。

二氧化碳吸收效益与 i) 土砂控制效益一样，按照8年后100%发挥效益来计算。

**iii) 保水效益**

造林的保水效益采用水文条件相近的四川省西昌市的推算值（1040立方米/公顷/年，《四川省安宁河流域造林规划调查报告书》）计算。保水效益按照农业用水占80%（单价0.025元/立方米），生活用水占20%（单价1.5元/立方米）的权重平均值（0.32元/立方米）乘以保水量，就可得出保水效益。保水效益同样按照8年后100%发挥效益计算。

**iv) 坡改梯的农田改良效益**

坡改梯的农田改良效益体现在农作物产量增加以及栽培内容扩大所产生的增收效益。具体计测农田改良效益非常困难，采用农田承包费之间的差额是一个考虑方法。在小江流域，通过泥石流治理新开发的农田，承包给农民使用，收取承包费。农田承包费为平地200~400元/亩/年，坡耕地50~100元/亩/年，因坡耕地与平地的承包费差额为100~350元/亩/年，这个价格差作为农田改良效益，考虑到生产成本的问题，最终确定农田改良效益按照100元/亩/年计算。

**v) 退耕还林造成的农田减少而形成的损失（负效益）**

根据陡坡地退耕还林政策实施的退耕还林，农田减少产生的损失应该按照负效益计算。损失金额按照山区农田的平均产值作为租赁费用评价，每亩计算单价为300元（4500元/公顷）。但是根据实地走访调查的结果，陡坡地的养分容易流失，一般每隔2~5年要进行休耕轮作。因此耕作频率按照3年计算，退耕还林实施后，每年按照每亩损失100元（1500元/公顷）计算。

上述流域水土保持效益汇总为表 R6.2.12。

表 R 6.2.12 流域水土保持效益计测项目和单价

项目	单价
土砂生产抑制效益	9 元/立方米
二氧化碳吸收效益	49.5 元/公顷/年
保水效益	22.6 元/亩/年
坡改梯的农田改良效益	100 元/亩/年
退耕还林造成的损失	-100 元/亩/年

使用上述效益计算单价计算出的各典型流域的效益见表 R6. 2. 13。

### b) 产投比

使用前面计算出的流域水土保持的工程费用和效益, 计算出的产投见表 R6. 2. 13。如果折扣率按照 8% 计算, 每个流域的产投比都大于 1, 在经济上是可行的。

表 R 6.2.13 典型流域水土保持治理的产投分析结果

项目	费用		效益		内部收益率 (%)	净现值 NPV (B-C) (千元)	产投比 B/C
	单纯合计 (千元)	现值 (千元)	合计 (千元)	现值 (千元)			
1. 豆腐沟	9,856	7,347	52,316	8,595	9.19	1,248	1.17
2. 乌龙河	68,733	51,240	323,879	54,679	8.49	3,439	1.07
3. 东川城区	17,767	13,245	93,601	15,432	9.16	2,186	1.17
4. 桃家小河	36,300	27,062	172,404	27,955	8.23	893	1.03
典型流域整体	132,655	98,895	642,201	106,661	8.57	7,767	1.08

注) 现值的水平年为 2005 年, 折扣率为 8%。

上表中的内部收益率 (IRR) 都在 8~9% 之间, 理由如下:

流域水土保持治理措施主要包括①荒山草地造林、②耕地造林 (退耕还林)、③崩塌地治坡工程、④冲沟治理 (基本规划中采用治坡工程)、⑤坡改梯, 各种治理措施的经济评价结果如下表所示, ①和②的内部收益率在 9~10% 左右 (IRR 采用单位面积的费用与效益计算)、③~⑤的内部收益率约为 4~5%。

表 R 6.2.14 各种治理措施的内部收益率与规划面积

治理措施	各治理措施内部收益率 (IRR (%))	典型流域合计		
		面积	面积比例	份额
①荒山草地造林	10.5	46.0	0.55	5.7
②耕地造林	9.0	15.0	0.18	1.6
③治坡工程 (崩塌地)	4.2	3.0	0.04	0.1
④治坡工程 (冲沟)	3.7	0.3	0.00	0.0
⑤坡改梯	4.8	20.0	0.24	1.1
合计		84.3	1.00	8.6

单从数值来看, 只有造林在经济方面是比较合理的, 其他治理措施在经济方面都不太合理。但是冲沟侵蚀治理、坡改梯的有些效益难以进行定量分析, 如果将这些效益考虑进去, 应该在一定程度上是适合投资的治理措施。

- 冲沟侵蚀是诱发崩塌、滑坡的原因之一, 冲沟侵蚀治理对崩塌地治理、滑坡治理能间接发挥作用。

- 坡改梯除了土砂生产抑制效益，还有提高耕作效率、栽培作物改变、保水等多种效益，这些效益难以进行定量分析，但是非常有效的治理措施。

冲沟侵蚀治理、坡改梯，如果只考虑可以定量分析的效益部分，冲沟侵蚀治理、坡改梯的经济效益较低。但是对于流域内大的土砂生产源之一的冲沟、坡耕地不实施任何治理，基本规划将出现很大的漏洞，因此冲沟治理、坡改梯以及造林都是应该采用的治理措施。

## 6) 实施流域水土保持规划的注意事项：

实施流域水土保持规划，特别是下述项目必须充分注意。

### a) 25 度以上坡耕地退耕还林

坡耕地造林，也就是中国政府开展实施的退耕还林项目，存在下列问题：

- 退耕还林项目会使农民失去最基本的生活基础——农田。
- 小江流域居住者少数民族，有些地方有可能会破坏少数民族的社会基础。
- 作为农田补偿，需要实施搬迁时，必须确保安置地以及生活基础设施。

考虑到这些问题的存在，实施时需要充分听取农民的意向，需要在充分的调查以及与农民进行充分的协商的基础上实施。

### b) 坡改梯

与退耕还林相比，虽然坡改梯对居民生活的影响较小，实施方面没有太大的问题。但实施中，仍然需要充分注意下述问题：

- 坡改梯会使土地面积多少有些减少。另外地界会发生变化，需要得到每个人的理解。
- 坡改梯需要移动坡耕地的表土，需要尽量避免表土的土壤结构改变。
- 施工期间的一段时间内不能栽培，需要选择影响较小的时期实施。

## 第 7 章 小江流域基本规划编制

### 7.1 泥石流治理和流域水土保持治理从典型流域向小江全流域扩展

将上一章的工程治理研究，扩展到其他的 105 个小流域，编制小江全流域的工程治理基本规划。

#### 7.1.1 泥石流治理

依据典型流域的研究方针，对其他流域的泥石流治理进行研究分析。使用方案 1：拦沙坝+排导槽和方案 2：导流堤+导流堤起点的固床巴作为备选方案，进行初步设计后计算工程投资。与典型流域一样，减灾与农田开发作为效益计算，以纯经济价值 NPV 和产投比 B/C 为经济指标进行经济分析。与典型流域同样，以人为本兼顾经济效益作为判断标准，选择确定各条泥石流危险溪流的最佳方案。

表 7.1.1 列出了备选方案的经济评价结果，表 7.1.2 汇总了最佳方案的各项指标，详细内容参见《附属报告书 G 砂防设施设计与概算》。

按照泥石流泛滥区域有居民存在、紧急程度高的溪流以及纯经济价值（NPV）和产投比的高低顺序实施治理，表 7.1.3 中根据优先顺序基本上可分为三个组。各组的泥石流治理最佳方案概要见表 R7.1.1。

表 R 7.1.1 其他流域的泥石流治理最佳方案概要

分组	主要小流域名称	流域面积 (km <sup>2</sup> )	溪流 数量	拦沙坝 (座)	排导槽 (m)	导流堤 (m)	工程费 (千元)
1	盐水沟、田坝干沟、黑水河、阿旺小河、大桥河、老干沟、沙湾大沟、安乐沟、花沟等	455.6	49	69	23,600	22,500	161,210
2	大白泥沟、牛坪子、小白泥沟、幸福村沟、达朵沟、老村沟、小石洞沟、达德河、许家小河、老干沟、腊利河、太平村沟等	383.8	35	0	0	42,400	121,130
3	泥浆沟、小河箐沟、蒋家沟、黄水箐、尖山沟等	412.1	8	0	0	26,750	123,710
合计	-	1,251.5	92	69	23,600	91,650	406,050

#### 7.1.2 流域水土保持

根据典型流域的流域水土保持治理的设计理念，对小江全流域的流域水土保持进行阐述。

##### 1) 造林以及山坡林绿化工程的规划制定

###### a) 造林以及山坡绿化工程的实施面积

与典型流域一样，对其他 105 条小流域也是根据地被状况实施表 R7.1.2 所列举出的造林以及治坡工程。小江全流域的治理面积见表 7.1.4。

表 R 7.1.2 造林以及治坡工程实施面积

地被分类	措施	面积计算
荒山荒坡	造林	按各县区林业局提供的面积计
耕地	造林	以 25 度以上坡耕地的 75% 计
崩塌地	治坡工程	海拔 3000 米以下，坡度 45 度以下的崩塌地面积的 50%
冲沟侵蚀	治坡工程	包括冲沟在内的 0 次山谷（平均宽度 7 米）总长度的 50%

**b) 造林以及治坡工程的费用**

造林树种采用前一章中述及的各海拔带的树种，植树和治坡工程的单价采用典型流域分析中的单价。造林和治坡工程的费用见表 7.1.4。

**2) 坡改梯**

从地被状况图、坡度区划图、海拔分布图中抽选出全流域分散分布的 15~25 度坡耕地，对于其中的 50% 实施坡改梯。坡改梯的工程单价与典型流域研究中的单价一样，实施面积和工程费用见表 7.1.5。

**3) 流域水土保持治理的土砂生产抑制效果**

通过流域水土保持治理，小江全流域的土砂生产抑制效果与典型流域一样，主要体现在减少地表侵蚀、减少新的崩塌发生、控制崩塌范围扩大等三个方面。小江流域每年土砂生产控制量计算结果见表 R7.1.3，流域内的堆积土砂和流入金沙江的土砂的减少量见表 R7.1.4。

表 R 7.1.3 通过流域水土保持治理每年减少的土砂生产量

措施	实施面积	地表侵蚀减少数量 (吨/年)	减少新发生崩塌 (吨/年)	控制崩塌范围扩大 (吨/年)	小计 (吨/年)
荒山荒坡造林	429,586,000 m <sup>2</sup>	1,993,900	1,374,300	-	3,368,200
退耕还林	103,567,000 m <sup>2</sup>	1,239,400	-	-	1,239,400
山坡绿化 (崩塌地)	30,949,000 m <sup>2</sup>	617,400	-	3,405,400	4,022,800
山坡绿化 (冲沟)	3,079,000 m	2,091,500	-	-	2,091,500
坡改梯	181,691,000 m <sup>2</sup>	1,084,400	-	-	1,084,400
合计	-	7,026,600	1,374,300	3,405,400	11,806,300

表 R 7.1.4 流域水土保持治理对土砂堆积量和土砂流出量的控制量

治理	土砂生产量 (吨/年)			河床堆积量 (粗粒) (吨/年)	流入金沙江土砂量 (吨/年)
	0.01mm 以下细粒部分	0.01mm 以上粗粒部分	小计 (所有粒度)		
现状 (治理前)	10,660,000	31,340,000	42,000,000	23,400,000	18,600,000
流域水土保持治理效益	-3,954,000	-7,852,000	-11,806,000	-	-
流域水土保持治理后	6,706,000	23,488,000	30,194,000	15,548,000	14,646,000
占治理前的 %	63%	75%	72%	66%	79%

土砂生产量为目前的 72%，河床堆积土砂量为治理前的 66%，流入金沙江的土砂量为治理前的 79%。

#### 4) 流域水土保持的经济效益

小江全流域流域水土保持治理的工程总费用为 13.7 亿元。经济效益计算结果显示(表 R7.1.5)，内部收益率 EIRR 相对较高，达到 8.6%，从经济角度出发完全可以投资。

表 R 7.1.5 小江全流域水土保持产投分析结果

项目	投资		效益		内部收益率 (%)	净现值 NPV (B-C) (千元)	产投比 B/C
	单纯合计 (千元)	现值 (千元)	合计 (千元)	现值 (千元)			
小江全流域	1,210,508	575,271	5,105,427	620,361	8.59	45,090	1.08

注) 现值的水平年为 2005 年，折扣率为 8%。

#### 5) 实施流域水土保持治理的注意事项

在小江区流域实施这些流域水土保持治理项目，正如典型流域研究中所叙述的那样，坡耕地退耕还林与坡改梯，充分考虑当地居民意向非常重要。

### 7.2 小江河道治理规划

#### 7.2.1 河床持续抬升和改道的必要性

##### 1) 河滩地的农田开发利用

小江主河(小江、大白河、块河)大约 110 公里河段上大约有 23 平方公里(34000 亩)的河滩主要开发为水田利用。为了保护这些农田，水务局、国土资源局、乡镇政府和农民建设了砌石河堤。但从荒废的流域流出的土砂，使河床堆积抬升，过流能力低，多次遭受洪水和土砂灾害的危害。

##### 2) 将来河床仍然会持续抬升

类似小江这样的土砂生产强烈的流域，在开始河道治理规划之前，首先要掌握将来流域和河床的变化情况。根据未来河床变动的计算结果，即便实施了流域水土保持治理，但难以完全控制河床抬升，今后仍然每年以 20~30 厘米的速度持续抬升。

为了保护河滩上的农田，今后必须随着河床抬升加高河堤。实际上，当地也在每隔三四年加高一次河堤。但是随着河床抬升一味地加高河堤，最终结果就象图 R7.2.1 所示，河床高于周围的农田而成为悬河。河堤在水的压力或者土的压力作用下倒塌。因此从物理学角度也不可能一直加高河堤。当地也可以看到在成为悬河的河段上有些河堤已经倒塌了。

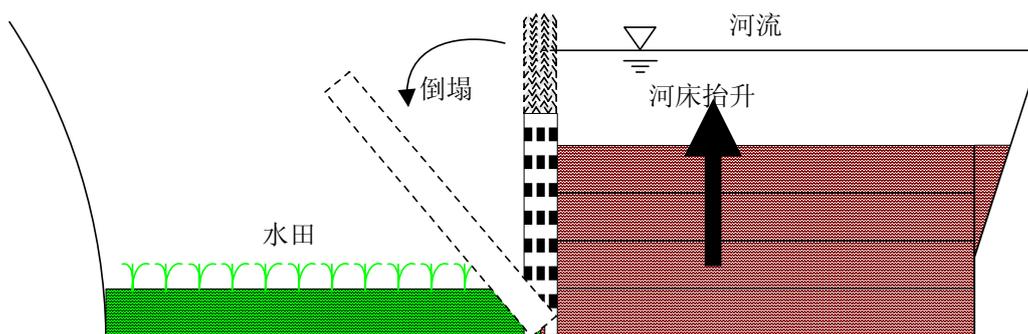


图 R 7.2.1 悬河以及河堤倒塌概念图

### 3) 改道的必要性

河堤一旦倒塌，洪水以及大量的泥沙流入地势较低的农田，不仅淹没埋没农作物，宝贵的耕地也不能继续耕种。小江河道内，象这样的河堤倒塌，农田被土砂掩埋而废弃的农田有很多处。

为此，在上述事态发生前，需要有计划的实施改道，以确保农田的持续利用。所谓改道，如图 7.2.1 所示，将目前的河道开发为农田，河道改走地势较低的农田。可以想象的到，在小江流域河滩地农业历史上，由于大自然的力量，这样的改道一直在发生，人们也不得不接受这样的现实。与其如此，还不如要有计划的实施改道从而更加有效的开发利用河滩地。

有计划的改道，将面临改道后新开发农田需要 3~4 年，对农民而言发生土地置换，河道改变后所属乡镇发生变化等社会方面的难题。但是为了将洪水、土砂灾害控制到最小限度，有效的利用有限的土地（农田）资源，提出下述方案。

## 7.2.2 河道治理规划的基本方针

小江主河河道治理规划中，考虑有计划地改道。由于流域内的水土流失强烈，又没有建设水库和储砂池的合适地点，因此不考虑水库和储砂池等洪水调节设施。

### 1) 河道治理规划方针

为了使设计流量能够顺利过流，需要进行河道挖掘、布设防洪堤、河堤改建、加高河堤、无河堤部分新建河堤等。但是拓宽河道和大规模筑堤会占用宝贵的耕地资源，而河床挖掘作业量大成本高，附近又没有合适的地点堆放挖掘出来的土砂，因此也不理想。因此只能通过加高河堤和修筑浆砌石河堤来确保过流断面，随着河床的抬升加高河堤，实施改道工程。

### 2) 关于改道

根据实地调查，河床比周围农田高出 2 米左右的地方，有河堤倒塌的现象发生。因此河堤倒塌的限度估计也就是 2~3 米。河床抬升并且有农田的河段的河床平均淤积抬升高度为 0.24~0.28 米，为此假设每隔 10 年实施一次改道。

### 3) 设计洪水流量

根据径流计算结果，设定设计洪水流量（图 R7.2.2）

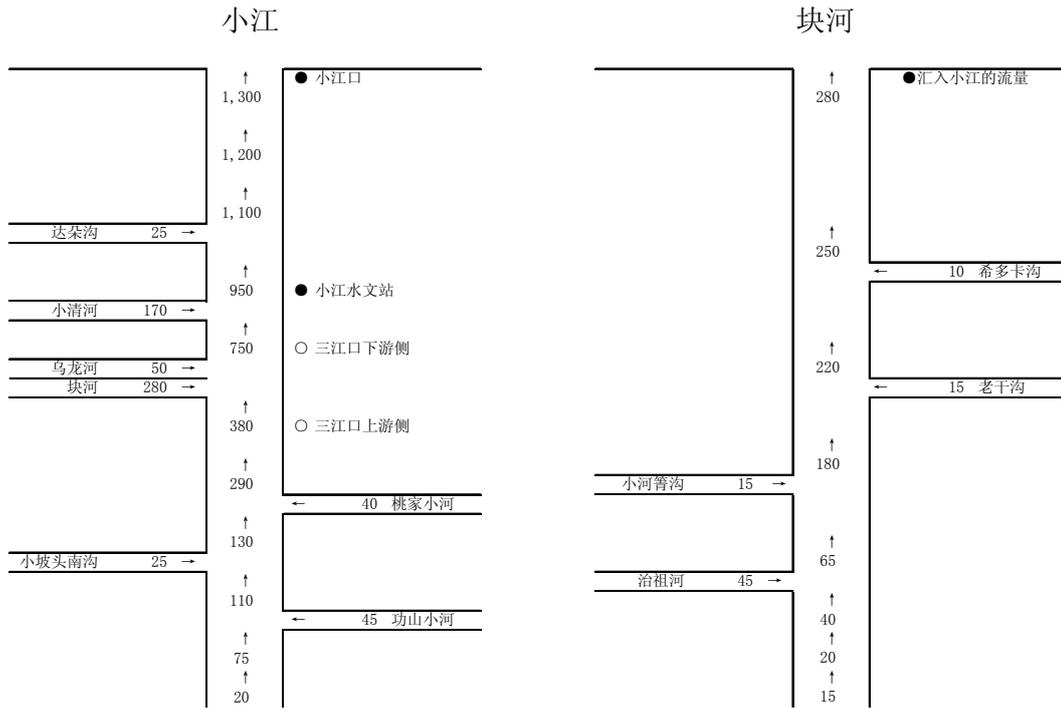


图 R 7.2.2 流量分配图

### 7.2.3 灾害损失预测计算

为了掌握目前的状况和项目实施的减灾效益，着手规划之前，首先分析如果不采取任何措施的话可能发生的受灾状况。

#### 1) 预测泛滥区域

采用不等流计算方式，计算目前河道状况下，2年、5年、10年、20年一遇洪水水位。计算结果见表 7.2.1。根据计算出的洪水水位，推算目前河道状况下的泛滥区域（图 7.2.2）。然后根据河床变动计算结果（参见 4.1.2 节），预测 2020 年的泛滥区域，泛滥区域与农田淹没面积见表 R7.2.1。

表 R 7.2.1 泛滥面积以及农田淹没面积预测

km <sup>2</sup>	目前的河道				2020 年			
	洪水重现期				洪水重现期			
	2 年	5 年	10 年	20 年	2 年	5 年	10 年	20 年
预测泛滥区域	35.4	38.9	44.1	44.6	49.5	52.6	57.5	57.7
农田淹没面积	13.1	14.9	17.4	17.7	19.1	20.6	23.1	23.2

#### 2) 灾害损失计算

根据实地调查，泛滥区域的主要受灾对象是农田，因此只计算农田的灾害损失。但是，今后河床将持续抬升，如果不采取任何措施，农田的淹没深度会增加，灾害损失也会相应增加。没有河堤的河段，土砂会涌入农田；有河堤的河段河堤倒塌，农田的受灾

程度越来越严重。为此农田的灾害损失从两个方面计算，即洪水淹没形成的损失和泥沙流入农田形成的损失。

$$\text{灾害损失} = \text{洪水淹没造成的损失} + \text{泥沙流入造成的损失}$$

### a) 洪水淹没造成的损失

根据事先进行的汛期农作物受灾比例调查，汛期洪水泛滥区域的主要农作物是水稻，一部分地区，6~7月洪水，水稻受灾减产几乎是100%，8月分洪水淹没减产大约50%。除此之外，关于全流域的受灾详细资料甚少，因此采用表R7.2.2所列出的日本的《治水经济调查手册》（2000年5月日本建设省河川局）的受灾比率计算。

表 R 7.2.2 受灾率

淹没水深	0.5m 以下	0.5~0.99m	1.0m 以上
受灾率	21%	24%	37%

淹没时间：1天 作物种类：水稻作物

根据下述程序计算洪水淹没引起的灾害损失，计算结果见表R7.2.3。

- 抽选出小江和块河洪水淹没面积较大的农田（共15处）
- 通过访问调查15处的水稻产量和价格
- 根据河床断面图和地形图计算平均高度和农田的淹没深度
- 产量乘以淹没水深对应的受灾率计算出15处农田的灾害损失
- 然后扩展到全流域，计算全流域洪水淹没农田造成的损失

另外，今后河床还将持续抬升，如果不实施治理的话，洪水淹没造成的损失将逐渐增加。为此根据2004年的河川测量结果和河川变动计算结果，测算了2020年的灾害损失，2004年和2020年之间的灾害损失采用差分法计算。

表 R 7.2.3 洪水淹没造成的损失

灾害损失 (千元)	重现期			
	2年	5年	10年	20年
目前	10,694	14,114	15,767	16,052
2020年	17,017	19,375	20,990	21,082

但是这里计算出的灾害损失，是对象农田不被土砂淹没情况下的灾害损失。事实上，农田被土砂淹没的灾害会发生，根据淹没的面积比例，农田减少，详细情况见c)。

### b) 土砂流入造成的损失

随着河床的抬升，在没有河堤的河段土砂将流入农田；有河堤的河段，河床逐渐高于周围的农田，随着悬河化的发展，发生河堤倒塌。正如7.2.2的4)小节的分析结果，浆砌石河堤的平均限度估计为10年。假定从现在到2010年的16年之间，河床抬升河段的农田不断的被泥沙埋没，埋没面积乘以平均收入（综合考虑产量、回茬、农业生产成本的基础上确定）就是灾害损失。农田的平均收入参照a)部分计算出的灾害损失，设定为245万元/平方公里（1,633元/亩）。

受灾农田为小江~尖山沟沟口、蒋家沟沟口~吊蔓河河口、块河的小江汇流点~马朝地、花沟沟口~小湾沟沟口上游等河段的共计18.3平方公里。

灾害损失将从 2004 年的 0 开始，每年不断增加，到 2020 年达到 4483.5 万元，然后维持在一定的数值。

### c) 灾害损失预测

a) 部分是洪水淹没造成的损失, b) 部分是农田被泥沙埋没导致不能耕种所形成的损失。a) 部分和 b) 部分组合起来进行灾害损失计算。洪水淹没造成的损失随着淹没深度的增加而增加。农田被泥沙埋没造成的损失，随着埋没面积的增加，农田面积减少，灾害损失也减少。

如果设定土砂埋没的农田面积比例为  $\alpha$ ，

$$\text{预测灾害损失} = (1 - \alpha) \times a) \text{ 的损失} + \alpha \times b) \text{ 的损失}$$

灾害损失预测结果见图 R7.2.3，详细计算情况见表 7.2.1。

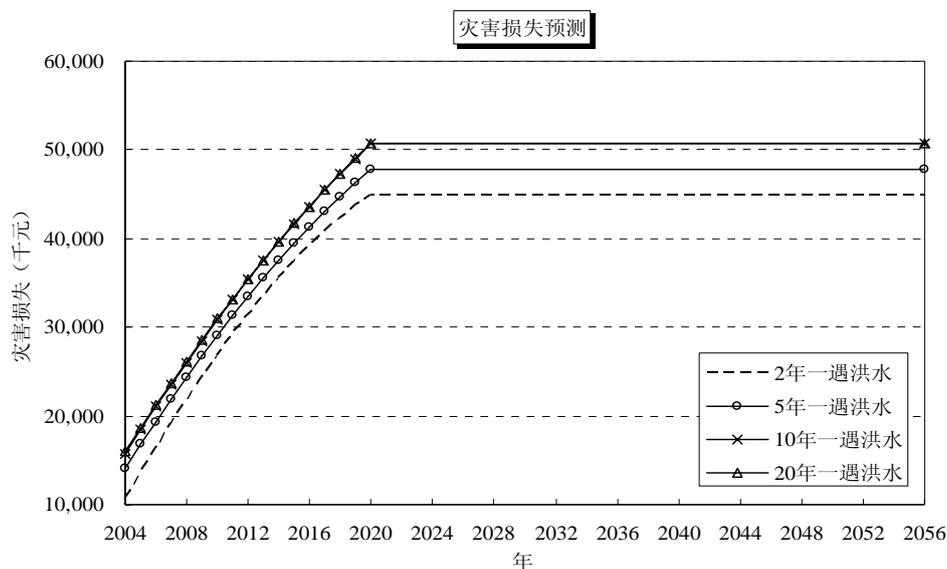


图 R 7.2.3 灾害损失预测

### 7.2.4 规划方案

洪水灾害的保护对象主要是农田，中国农村的洪水防御设计标准为 5~10 年，因此规划标准按照 5 年、10 年、20 年一遇的标准进行分析。

规划内容如下：

- 过流能力不足的地方加高河堤或者新建河堤
- 随着河床的逐年抬升，加高河堤
- 河床高出周围农田 2~3 米时，实施改道

#### 1) 改道河堤

改道涉及的河段，河谷中基本上一半是农田，一半是河床，如图 7.2.1 所示的 A 类型。但是，河床比农田宽的河段（图中的 B 类型），需要新建改道用河堤。（参见表 7.2.4 新建改道用河堤）。

## 2) 工程费用

第4章中绘制的地被状况图(图4.2.6)与7.2.3的预测泛滥区域叠加,抽选出保护对象的农田。小江与块河两岸20000平方米(30亩)以上的农田,几乎大部分是100亩以上的大块农田,通过项目实施布设河堤进行保护。详细情况见表7.2.2,新建河堤和加高河堤的工程费用概算见表R7.2.4。

表 R 7.2.4 工程费用

规划标准	长度 (km)		工程费用 (千元)	
	新建与加高	改道用河堤	新建与加高	改道用河堤
5年一遇	76.8	23.0	57,555	22,772
10年一遇	91.4	23.0	66,092	24,360
20年一遇	92.1	23.0	67,611	24,754

假设浆砌石河堤为宽1.5米的长方形,改道用河堤的基础为2米进行计算。

## 3) 预期年均减灾效益

7.2.3节中计算出的灾害损失每年都在变化,因此减灾效益也是每年都在变化。为此,表R7.2.5计算出了2004年、2012年的预期减灾效益,期间内各年度的减灾效益通过内插法计算。

表 R 7.2.5 预期年均减灾效益(千元)

流量规模	2004年	2012年	2020年
5年一遇	6,140	8,572	15,780
10年一遇	7,634	10,443	19,133
20年一遇	8,430	11,428	20,882

如表7.2.3所示,工程实施中也有灾害损失计算。这一部分是由于改道,农田在一段时间不能耕种所形成的损失。根据走访调查的结果,农田从开发到可以耕种需要3~4年的时间,因此耕地产量乘以3.5年作为改道造成的损失。

## 4) 确定最佳方案

利用前面计算出的工程费用和预期减灾效益,按8%的折算率计算产投比(B/C)和纯经济效益(B-C)。维护管理费用按照工程初期投资的4%预算,维护管理费用包括每年的河堤加高费用、改道后的农田开发费用和维修费用。

表 R 7.2.6 产投比

重现期(年)	5年	10年	20年
B/C	1.50	1.61	1.73
B-C(千元)	35,756	49,701	60,010

选择产投比(B/C)和纯经济效益(B-C)最高的20年一遇标准作为治理的最佳方案。新建河堤和河堤加高工程的布设情况见图7.2.3。

### 7.3 非工程措施

如表 R 5.3.1 和表 R5.3.2 所示，非工程措施包括 1) 依法强化水土保持、森林保护、河道管理；2) 通过灾害图，使当地居民对危险区域人所共知，并且在搬迁和避难规划中充分利用灾害图；3) 预警预报系统的现代化以及群测群防的强化。然而工程治理和非工程治理一旦真正进入实施阶段，从目前水务局等相关单位的状况来看，在机构、财务、人才资源等方面存在很大的制约，估计难以实现。为此提议首先成立小江工程管理局（暂定名称），作为工程治理和非工程治理相结合的基本规划实施机构，以该局为中心开展非工程措施治理。该组织机构以减轻土砂灾害、修复自然环境以及包括副产物利用在内的小江流域开发为目标。

另外，3.3.1 节中提出了目前防灾避灾体系所面临的问题包括：观测系统不够完善、群测群防的限度等。日本的土砂灾害预警预报系统中，局域雷达雨量表发挥着巨大的威力，为此研究引进利用局域雷达雨量表、泥石流预警预报系统作为解决方案之一。

此外还将研究分析基本规划实施所产生的副产物的利用，作为贫困对策和流域开发的一个环节。还将分析研究当地居民作为土砂灾害的受害者同时又是基本规划实施的最大受益者，在项目实施中的参与问题。

#### 7.3.1 设立小江工程管理局（暂定名称）

小江流域面积达 3058 平方公里，因为地跨昆明市（东川区、寻甸县）和曲靖市（会泽县），希望最好能实施省级广域管理。该区域面临着泥石流、环境修复、区域开发、贫困等多方面的问题，需要有专门的机构综合考虑解决这些问题。

然而目前云南省没有专门负责管理小江流域的部门机构。东川区设立的东川区泥石流防治研究所，主要从事研究解决技术方面的问题，而不是从规划到管理，负责小江流域全面管理的机构。因此，为了小江流域土砂灾害治理和环境修复的顺利开展，确立新的项目实施组织机构成为一个重要的课题。

小江流域范围广，跨越两市三县区，希望云南省作为项目实施的主体，项目实施体制能成为省政府直属（水利厅）的部门。另外，与流域内区县能够顺利协调，负责小江开发的组织机构应该与区县平级或者县级以上的机关，机关负责人应该是县处级或者副厅级。

新的组织机构不仅负责土砂灾害的治理，还需要综合解决流域相关的问题。组织机构的业务内容包括：项目规划、筹集开发资金、项目运营管理、工程实施、堆积扇开发、项目完成后的运营和维护、水土保持管理、群测群防方面的人才培育培训、研究开发、与相关单位部门的协调配合等多方面的内容。在组织机构的形态方面，中国目前很多水库水电开发都是采用开发总公司（如三峡开发总公司）、工程管理局（如鲁布革工程管理局）等类似组织（代理政府实施项目，也就是类似于日本公团的官办企业）。其中难以确保财务收益的项目，以工程管理局的形式代表政府实施项目管理。组织机构的概要如下：

表 R 7.3.1 基本规划实施机构概要

名称	小江工程管理局（暂定名称）
上级机关	云南省（水利厅）
行政级别	县处级或者副厅级
目的	减少土砂灾害、修复自然环境、区域开发、贫困对策
任务	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 泥石流治理、环境修复、区域综合治理、扶贫开发、山水林田路一体化小流域综合治理</li> <li>• 从项目规划到筹集资金、工程施工、后期管理的全过程参与</li> <li>• 与有关部门、当地政府的协调</li> </ul>
业务内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 开发、运营、维护、管理方面的资金筹集，贷款偿还</li> <li>• 项目的规划、设计、工程管理</li> <li>• 项目完成后的设施管理，预警预报系统的运用、管理</li> <li>• 堆积扇开发</li> <li>• 对相关部门的技术指导和人才培育（水土保持、森林管理、群测群防）</li> <li>• 副产物利用的企划和支援</li> <li>• 水土流失监测、灾害图的制作和更新</li> </ul>

### 7.3.2 利用局域雷达雨量表的预警预报系统

#### 1) 预警预报系统现代化和改善的必要性

小江流域分布着无数的泥石流危险溪流，滑坡地形上面也居住者大量的居民，至今为止多次遭受土砂灾害。土砂灾害很多是在短时间暴雨的激发下，突然爆发。这也是难以把握灾害迹象，难以准确预测的原因之一。

目前小江流域的预警预报系统除了群测群防之外，只有三县区气象局的气象预报。然而这个主要依靠气象雷达信息进行的气象预报，终究达不到令人满意的准确度。加上本次调查规划设置的雨量表，雨量观测站也不过 10 来个。并且只是单独观测，根本没有网络连接，还形不成预警预报系统的主体。群测群防对于提高居民的防灾意识和运动缓慢的滑坡现象虽然有一定的效果，但完全依靠人力观测，无法消除不确实性方面的问题，并且根本无法应对突发性泥石流灾害。因此，解决克服这些问题，当然应该研究采用高新技术。

基本规划中大部分投资倾向于工程治理设施的充实完善，但也不可能覆盖所有的灾害危险区域，另外工程治理设施建设还需要很长的时间。即便建设完成后，也有可能发生预测规模以上的灾害，还是需要进行防备。然而现有的预警预报系统根本形不成体系，因此，对其进行改进完善，实行现代化是不可或缺的当务之急。

#### 2) 局域雷达雨量计

预警预报系的完善和现代化，首先应该考虑的是土砂灾害的局域性和突发性。降雨是土砂灾害的诱发因素，对降雨情况的准确掌握或预测是预警预报系统成功与否的关键所在。

然而小江流域的点暴雨多，例如 4.1.2 节的降雨分析中，相距不足 5 公里的东川区气象局新村观测站和东川泥石流防治研究所漠北径流试验场同时观测到的雨量和降雨强度完全不同。对于降雨强度空间分布差异大的降雨过程，利用普通的雨量表，与其说难以掌握全流域的详细降雨情况，到不如说根本不可能。

解决这方面的问题，可以考虑引进日本近几年在泥石流等土砂灾害监测方面，正在推广设置的局域雷达雨量计。局域（小型）雷达雨量计与现有的气象雷达等大型雷达的基本原理一样，从旋转天线发出具有指向性的脉冲电波，脉冲电波遇到雨滴后发生散乱，反射回来的电波再由同一天线接受，就可测量出降雨强度和分布。但是与大型雷达相比，如表 R7.3.2 所示，局域（小型）雷达雨量计的最大特点在于可以进行细密的观测。与单纯接

收其他地方提供的已经加工处理好的气象雷达信息不同，对于局域雷达雨量计的雷达数据，可以根据需要进行各种处理加工，比如计算每一条小流域以及泥石流沟的流域面积雨量、判断危险程度、进行降雨预测等。

表 R 7.3.2 局域雷达雨量计与大型雷达的对比

科目	局域（小型）雷达雨量计	大型雷达	
		雷达雨量计	气象雷达
特点	<ul style="list-style-type: none"> <li>对局部范围高分辨度观测</li> <li>设备简单、容易设置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大范围观测</li> <li>需要大型设备</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大范围观测</li> <li>需要大型设备</li> </ul>
主要用途	<ul style="list-style-type: none"> <li>土砂灾害监测</li> <li>小流域管理</li> <li>地方自治体级别的防洪</li> <li>适应于多种用途</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>河流管理</li> <li>水库管理</li> <li>道路管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>气象预报</li> </ul>
分辨率	半径 15km 以内 250m 半径 30km 以内 500m 半径 60km 以内 1,000m	大约 3km X 3km	大约 5kmX 5km
数据发布周期	每 5 分钟（每分钟也可以）	15 分钟	1 小时
雨量数据内容	雨量数值 (0~250 毫米/小时)	雨量范围 (10 个阶段)	雨量范围 (8 个阶段)
数据加工处理	<ul style="list-style-type: none"> <li>计算流域平均降雨量以及地点降雨量</li> <li>降雨预测</li> <li>判断雨量的危险程度</li> <li>可以进行其他的任何加工</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>接受提供的数据</li> <li>不能加工处理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>接受提供的数据</li> <li>不能加工处理</li> </ul>

图 7.3.1 显示了调查团选出的位于东川区乌龙乡的雷达设置候选地点的覆盖范围。东川城区流域（深沟、石羊沟）基本都在半径 15 公里，分辨率 250 米的范围内，除了流域最南端寻甸县的一小部分，小江流域几乎全部在半径 60 公里，分辨率 1000 米的范围内。

### 3) 东川城区的泥石流预警预报系统

东川城区是东川区的政治、经济中心，坐落在深沟、石羊沟等的泥石流堆积扇，居住着大约 5 万人。过去多次发生泥石流灾害，特别是 1964 年深沟、石羊沟发生的泥石流造成重大的灾害，共计 15 人死亡。

此后，东川区修建了拦沙坝、排导槽，泥石流灾害逐步减少。但是如 6.1 节所述，基本规划中还计划在深沟、石羊沟流域新建 17 座拦沙坝并整修排导槽。这些工程建设完成后，对泥石流的安全程度将会极大地改善。

由于泥石流的流量难以推测，并且人口与资产集中在泥石流泛滥区域内，工程治理的同时还需要实施非工程治理措施，防御规划水平以上规模的泥石流灾害。为此，在东川城区配置由泥石流感应器、报警装置等组成的泥石流预警预报系统。

### 4) 利用雷达雨量计的预警预报系统

以雷达雨量计为中心的高科技与现有群测群防、防汛体制等人工系统有机结合，而建立起来的预警预报系统的概要，从下述几个方面进行研究分析。

预警预报系统包括信息收集、信息处理、信息传输三个子系统。图 R7.3.2 中显示出了数据和信息流程，观测网络见图 7.3.2。

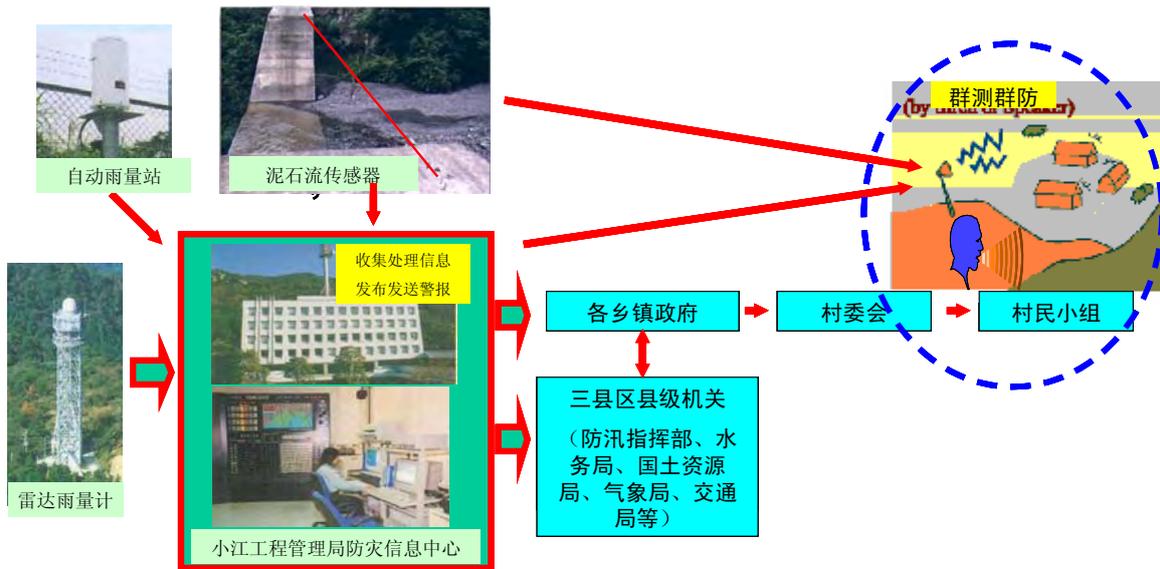


图 R 7.3.2 小江流域土砂灾害预警预报系统的数据和信息流程图

#### a) 信息收集子系统

首先，信息收集子系统通过局域雷达雨量计收集小江流域整体的降雨信息。另外在 8 个点设置自动雨量观测站（其中 3 个点分布在东川城区流域，兼用于泥石流预警预报系统），通过与局域雷达雨量计观测数据比对，提高雷达雨量的精确度。在资产集中的东川城区流域（深沟、石羊沟流域），在 8 个点设置泥石流感应器，防备泥石流的发生。上述信息数据用 GSM、VHF 或者多重无线传输到小江工程管理局防灾信息中心。

#### b) 信息处理子系统

防灾信息中心主要进行收集数据的加工处理、计算流域雨量、降雨预测、危险程度判断，将这些信息绘制成浅显易懂的图画，传送给有关单位。

#### c) 信息传输子系统

信息传输子系统基本上利用现有的防汛以及群测群防体制。防灾信息中心通过高速网络通讯以及电话、传真将信息提供给有关单位。各主管部门通过电话逐级传达到灾害危险区域的村民小组（参见图 R3. 3. 1）。在紧急情况下，防灾信息中心也可以直接通知到村民小组。

如果泥石流发生，可能发生重大灾害的东川城区流域（深沟、石羊沟）设置 9 个警报局，配置警笛，信息中心可以通过无线直接进行警戒呼吁。

### 5) 分期构建预警预报系统

在中国，自动雨量计、泥石流感应器有一些实际运用，但局域雷达雨量计在中国是一项全新的技术（云南省内有 6 座气象雷达）。因此首先建立由自动雨量计、泥石流感应器、警报局等组成的传统型预警预报系统。几年后，对系统的整体运用掌握到一定程度之后，引进局域雷达雨量计。

### 7.3.3 副产物开发利用

基本规划实施派生出来的可利用副产物首先是农田。通过泥石流治理预计可以新开发农田16000亩（1070公顷），其中优先小流域中的豆腐沟、乌龙河和桃家小河可开发农田2180亩（145公顷）。

其他副产物还有清理堆积土砂产生的河沙、造林产出的树木和树叶、堆积扇开发成农田后生产的农产品等，通过这些副产物的有效利用，帮助当地的发展和扶贫开发也是基本规划的课题之一。

但成功地利用这些副产物并走上稳定经营的轨道，需要进行农田开发管理，河沙和农副产品的市场调查和市场开发等，这些工作将来要由基本规划的实施单位，小江工程管理局承担。

### 7.3.4 居民参与的必要性

山坡上实施造林、封山育林、坡改梯等工程，而大部分山坡又是当地居民的生产生活场所。主河道治理中的有计划改道、群测群防、灾害图编制、居民搬迁、副产物利用都是应该以居民为主人公的工程和活动。脱离群众的规划编制和工程实施多半不会成功，因此从规划阶段开始，就需要建立确保居民参与的项目实施、运营管理。

## 7.4 项目实施计划

### 7.4.1 实施进度

如5.1.2节所示，规划目标年度为到2010年为止实施优先实施项目，到2020年为止实施长期规划。基本规划实施进展计划如下图所示。

项 目	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
<b>优先实施项目规划</b>															
设立小江工程管理局（暂定名称）		■	■												
优先小流域的相关项目		■	■	■	■										
利用自动雨量计构建预警预报系统		■	■												
<b>长期规划</b>															
其他小流域的相关项目					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
小江主河道治理项目				■	■	■	■	■							
利用局域雷达雨量计构建预警预报系统						■	■								

图 R 7.4.1 基本规划实施方案

#### 1) 设立小江工程管理局（暂定名称）

设立负责基本规划实施、运作的新单位。需要抽调人员、配备办公设施和设备。成立之后的最大任务是筹集实施基本规划所需的资金，以及进行项目实施和后期的维护、管理、运营等。

## 2) 优先小流域相关项目

为了尽快了解项目的实施效果，希望象小江流域以往实施的项目那样，分小流域重点治理。为此根据中方的意向，在豆腐沟、乌龙河、东川城区（深沟、石羊沟）、桃家小河四个优先小流域，首先实施泥石流治理和流域水土保持相结合的，包括工程措施和非工程措施的综合治理工程。

## 3) 利用自动雨量计构建预警预报系统

小江流域土砂灾害预警预报系统中局域雷达雨量计之外的部分。包括以自动雨量计为主体，辅以泥石流传感器的信息收集系统，对收集到的信息进行处理、可视化加工、分析、预测的信息处理系统，传输处理好的信息的信息传输系统组成。该系统可以大幅度的改善现有的防洪与群测群防活动，希望能尽早实施建设。

## 4) 其他小流域的相关项目

优先小流域的治理结束后，接着在其他小流域实施综合治理项目。实施顺序方面，对直接损失重大泥石流危险沟谷进行优先治理。根据有无房屋和经济效益评价结果等将泥石流危险溪流分为三个组，按照分组顺序实施（在泥石流治理的同时也进行流域水土保持治理）。然后在没有泥石流治理对象溪流的流域，实施流域水土保持治理。（次页的表 R7. 4. 1 中的第 4 组）

## 5) 小江主河道治理（改造）项目

为了保护两岸的农田，按照 20 年一遇洪水标准修建河堤。

## 6) 利用局域雷达雨量计构建预警预报系统

3) 小节中已设置的自动雨量计的基础上，在增加局域雷达雨量计，实现系统的换代升级。这样，该系统就可以准确掌握小江全流域以及每个小流域的雨情，进行准确的预测。

### 7. 4. 2 投资概算

项目投资主要包括下列内容：

- ① 直接与间接工程费用... 材料、机械、人工工资以及管理费等
- ② 设计与施工管理费..... 工程设计、图纸绘制、工程技术管理费等
- ③ 业务管理费..... 行政部门的管理费
- ④ 工程预备费..... 追加工程的预备费
- ⑤ 税金..... ①~④项的应交税金
- ⑥ 物价上涨预备费..... ①~⑤项物价上涨预备费
- ⑦ 补偿费..... 占用土地或者粮食补助费

这里只计算①~⑤项的工程费用和①~⑥的项目投资，补偿费另外计算。

项目投资概算采用 2005 年 1 月的物价和外汇兑换比价。外汇兑换比价为 1 美元=人民币 8. 2865 元=102. 44 日元。物价上涨预备费按照年物价上涨率 2% 计算。

表 R7.4.1 列出了优先实施项目和长期规划的项目投资概算。各项目的泥石流治理和流域水土保持工程费用详细情况见表 7.4.1。

基本规划整体的项目投资约为 24 亿元，小江流域单位面积的投资为 80 万元/平方公里，高于云南省水利厅预想的 60 万元/平方公里。关于该投资额的经济合理性，在 7.5.2 偿还能力分析中进行叙述。

表 R 7.4.1 总投资概算

项 目		工程费用 (元)	物价上涨预 备费 (元)	小计 (项目投 资) (元)
优 先 实 施 项 目	豆腐沟土砂灾害治理及自然环境修复	26,395,000	1,842,000	28,237,000
	乌龙河土砂灾害治理及自然环境修复	97,566,000	6,811,000	104,377,000
	东川城区土砂灾害治理及自然环境修复	61,053,000	4,261,000	65,314,000
	桃家小河土砂灾害治理及自然环境修复	52,578,000	3,670,000	56,248,000
	利用自动雨量计的预警预报系统	10,000,000	529,000	10,529,000
	小 计	247,592,000	17,113,000	264,705,000
长 期 规 划	小江土砂灾害治理及自然环境修复 (1 组)	381,130,000	47,370,000	428,582,000
	小江土砂灾害治理及自然环境修复 (2 组)	363,746,000	67,994,000	427,925,000
	小江土砂灾害治理及自然环境修复 (3 组)	367,998,000	92,834,000	455,801,000
	小江土砂灾害治理及自然环境修复 (4 组) (只实施流域水土保持的小流域)	518,614,000	161,966,000	680,580,000
	小江主河道 (主河改造) 治理	108,664,000	13,757,000	122,421,000
	利用局域雷达雨量计的预警预报系统	50,000,000	6,871,000	56,871,000
	小 计	1,790,152,000	382,028,000	2,172,180,000
合 计		2,037,744,000	399,141,000	2,436,885,000

项目总投资年度分配见表 R7.4.2。项目总投资年度分配明细见表 7.4.2。

表 R 7.4.2 分年度投资统计表

项目	年度投资 (1,000 元)							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
优先实施项目	0	45,362	98,817	94,299	26,227	0	0	0
长期规划	0	0	0	23,523	158,649	241,482	242,319	195,941
小 计	0	45,362	98,817	117,822	184,876	241,482	242,319	195,941

项目	年度投资 (1,000 元)							
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	合计
优先实施项目	0	0	0	0	0	0	0	264,705
长期规划	173,885	179,435	183,023	187,304	191,680	195,514	199,425	2,172,180
小 计	173,885	179,435	183,023	187,304	191,680	195,514	199,425	2,436,885

补偿费是实施退耕还林时，作为停止耕种补偿需要给农民支付的费用。退耕还林实施面积 103.6 平方公里 (155,500 亩)，补偿期限为 8 年，所需费用见表 R7.4.3。

表 R 7.4.3 退耕还林补偿费年度分配统计表

项目	年度补偿费 (1,000 元)											
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
优先实施项目	0	0	0	0	570	1,140	1,140	1,140	1,140	1,140	1,140	1,150
长期规划	0	0	0	0	0	381	905	1,453	1,978	2,503	3,032	3,561
小计	0	0	0	0	570	1,521	2,045	2,593	3,118	3,643	4,172	4,711

项目	年度补偿费 (1,000 元)											
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	合计
优先实施项目	570	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,130
长期规划	4,235	4,648	4,926	5,180	4,655	4,130	3,601	3,072	2,406	1,604	802	53,072
小计	4,805	4,648	4,926	5,180	4,655	4,130	3,601	3,072	2,406	1,604	802	62,202

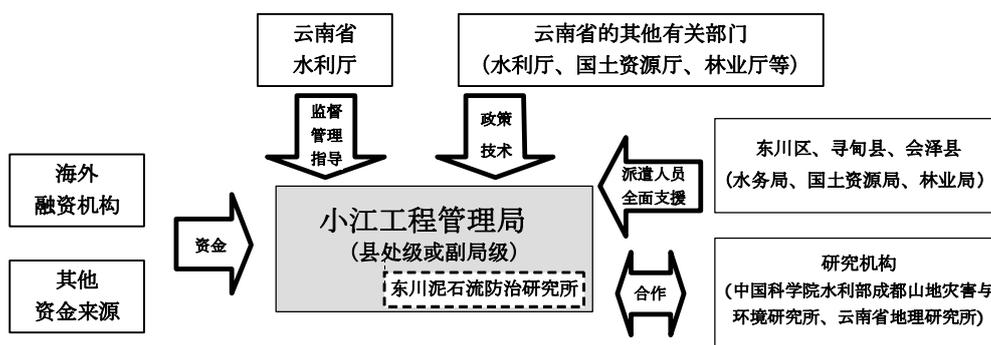
### 7.4.3 项目实施体制

基本规划由新设立的机构——小江工程管理局（暂定名称）负责实施。小江工程管理局与其他部门之间的关系如下：

云南省水利厅、国土资源厅、林业厅、农业厅、气象局等省级上级部门，在资金、人才、政策方面给与支持。其中云南省水利厅作为小江工程管理局的上级主管部门，负责对该组织机构的管理。

流域内的三区作为治理开发的直接受益者，必须对小江工程管理局给与多方面的支持。三区的水务局、林业局、国土资源局、农业局、气象局等相关部门以抽调的形式派人到小江工程管理局，在技术方面支持的同时，协调与各县区的关系。

东川区泥石流防治研究所长期从事小江流域的土砂灾害治理，积累了丰富的经验。为了充分利用这些积累的经验，新机构将东川区泥石流防治研究所包括进去，成为新机构的一部分。小江流域土砂灾害治理及自然环境修复，在区域开发、副产物利用方面需要多方面的技术支持，还需要与中科院水利部成都山地灾害与环境研究所、云南省地理研究所等研究机关的配合与合作。



图R 7.4.2 基本规划实施体制

## 7.5 项目评价

在经济方面，基本规划的社会内部收益率将达到 10.34%，经济上是可行。如果能得到云南省政府和中央政府的支持，实施基本规划在财政方面也是可行的。基本规划中提出的治坡工程、通过型拦沙坝（格栅坝）、局域雷达雨量计等在小江流域是新采用技术，但邻近流域或者中国国内有类似的技术和经验。如果能够接受必要的技术培训，完全可以在当地生根发芽，因此，可以认为在技术方面也没有问题。在社会环境和自然环境方面，可能会产生一些微小的影响。在规划阶段，通过确保居民参与以及与居民的协商，完全可以避免或者减轻影响。

从上述评价结果来看，基本规划在经济、财政负担能力（还贷能力）、技术、环境和社会方面是可行的。各方面的评价结果如下。

实施基本规划对解决小江流域的贫困问题也可以作出重大的贡献，坡改梯使产量增加、泥石流治理可以开发新的农田、造林的副产物利用、灾害减少、自然环境修复使生活环境改善。

### 7.5.1 经济评价

工程治理（泥石流治理、流域水土保持、主河道治理）等相对容易按现金价值进行费用和效益计算，因此，根据表 R7.4.1 所列出的工程项目，把 2007 年~2056 年 50 年间的经济效益换算为当前价值进行比较，分析投资效益。

#### 1) 基本规划以及优先实施项目的效益

进入经济评价之前，首先在下表中列出了基本规划与优先实施项目的经济分析的详细内容。

表 R 7.5.1 基本规划与优先实施项目的经济效益

治理	预期效益		基本规划		优先实施项目	
			经济效益 (千元/年)	(%)	经济效益 (千元/年)	(%)
泥石流治理	减灾效益	房屋、家庭财产、公共设施	21,710	10.7	6,338	24.1
		农作物	3,499	1.7	609	2.3
		人员伤亡	4,068	2.0	1,388	5.3
		间接损失	3,154	1.6	1,366	5.2
		小计	32,432	16.0	9,701	36.9
	农田开发	15,473	7.6	2,094	8.0	
	合计	47,905	23.6	11,795	44.9	
流域 水土保持		土砂生常抑制效益	59,869	29.3	6,486	24.6
		二氧化碳吸收效益	43,463	21.4	4,965	18.9
		保水效益	19,493	9.6	2,227	8.5
		农田改良效益	27,240	13.4	3,098	11.8
		退耕还林造成农田减少的负效益	-15,527	-7.6	-2,279	-8.7
	合计	134,538	66.1	14,497	55.1	
主河道治理		农作物灾害损失减轻效益	20,882	10.3	-	-
	统计		203,325	100.0	26,292	100.0

注) 流域水土保持的效益是树木充分成长后的效益。主河道治理的效益是 2020 年的效益。

此外，优先实施项目如下所示的难以用经济价值体现的效益。

- 安全感的提高
- 土地利用的高度化

- 生物多样性保护
- 景观改善

在小江流域投入 24 亿元的巨额资金，小江流域内居民人均投资 510 元，相当于东川区农业人口 1 人的年度农业产值（《昆明统计年鉴 2003》中的 2002 年度的数值），无疑基本规划的实施将给地方经济带来巨大的活力。工程建设将会雇佣当地居民作为劳动力，还可以增加当地居民的收入。

## 2) 基本规划的经济评价

基本规划的经济评价结果见表 R7.5.2。基本规划整体的内部收益率为 9.68%；加上预警预报系统的费用，内部收益率为 9.24%，都高于中国治水方面的公益项目的择机成本 8%（引用《汉江中下游洪水预警预报规划调查》，JICA1992 年 7）以及中国环保项目预测产投水平 5%（引用《中国四川省安宁河流域造林规划调查》，JICA2002 年 7 月），因此认为基本规划在经济方面是可行的。

表 R7.5.3 是对项目投资、维护管理费、效益变动时的经济指标敏感性分析结果。几种变动条件下的内部收益率都高于 8%，因此上述变动因素对项目效益的影响有限。

表 R 7.5.2 基本规划的经济评价分析结果

项目	费用		效益		内部收益率 IRR (%)	纯经济价值 NPV (B-C)	产投比 B/C
	单纯合计 (千元)	现值 (千元)	合计 (千元)	现值 (千元)			
泥石流治理	506,912	290,895	2,159,484	373,366	10.79%	82,471	1.28
流域水土保持	1,210,508	575,271	5,105,427	620,361	8.59%	45,090	1.08
主河道治理	251,233	82,590	903,704	142,601	15.80%	60,010	1.73
基本规划整体 (不含预警预报系统)	1,968,653	948,756	8,168,615	1,136,328	9.68%	187,571	1.20
基本规划整体 (含预警预报系统)	2,087,993	992,962	8,168,615	1,136,328	9.24%	143,365	1.14

注) 现值基准年为 2005 年，折扣率 8%。

表 R 7.5.3 基本规划的敏感性分析

变动因素	变动幅度	内部收益率 IRR	纯经济价值 NPV (B-C)	产投比 B/C
无变动 基本规划整体（不包括预警预报系统）	0%	9.68	187,571	1.20
项目费用上升	10%	8.78	94,672	1.09
维护管理费用上升	10%	9.66	185,595	1.20
效益减少	-10%	8.67	73,939	1.08

## 3) 优先实施项目的经济评价

优先实施项目中各优先流域和整体的经济评价结果见表 R7.5.4。四条优先小流域的内部收益率为 11.14%；加上预警预报系统费用后的内部收益率为 10.57%，均高于中国治水相关项目的择机费用 8%以及中国环保项目的预测水准 5%，因此认为四条优先流域的治理项目在经济方面是可行的。

从表 R7.5.5 的敏感性分析结果来看，几种变动条件下的内部收益率都高于 8%，因此变动因素对项目的影响是有限的。

表 R 7.5.4 优先实施项目的经济评价结果

项目	费用		效益		内部收益率 IRR (%)	纯经济价值 NPV (B-C)	产投比 B/C
	单纯合计 (千元)	现值 (千元)	合计 (千元)	现值 (千元)			
1. 豆腐沟	23,468	17,495	135,116	25,320	11.60	7,825	1.45
2. 乌龙河	86,746	64,669	400,055	70,066	8.64	5,397	1.08
3. 东川市街地	54,282	40,467	460,657	89,575	18.13	49,108	2.21
4. 桃家小河	46,747	34,850	212,532	36,061	8.26	1,211	1.03
优先流域全体 (不含预警预报系统)	211,243	157,481	1,208,361	221,022	11.14	63,541	1.40
优先流域全体 (包含预警预报系统)	231,983	166,912	1,208,361	221,022	10.57%	54,110	1.32

注) 现值基准年为 2005 年, 折扣率 8%。

表 R 7.5.5 优先实施项目的敏感性分析

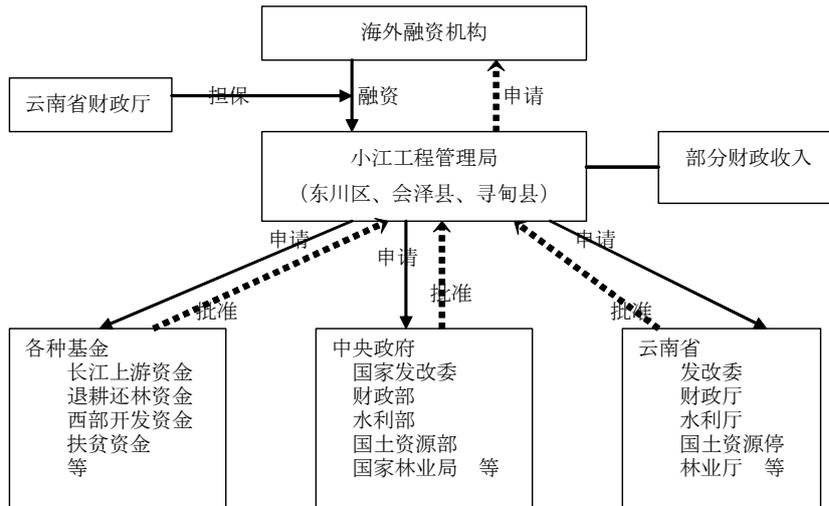
变动因素	变动幅度	内部收益率 IRR	纯经济价值 NPV (B-C)	产投比 B/C
无变动 四条优先流域 (不包 括预警预报系统)	0%	11.14	63,541	1.40
项目费用上升	10%	10.19	47,960	1.28
维护管理费用上升	10%	11.13	63,374	1.40
效益减少	-10%	10.08	41,439	1.26

### 7.5.2 还贷能力分析

根据 7.4.2 节项目投资概算, 实施基本规划大约需要 24 亿元。关于小江流域土砂灾害治理及自然环境修复相关的基本规划实施资金, 云南省水利厅希望海外融资机构提供贷款。

根据现行方式, 云南省对海外融资机构作出贷款偿还担保, 由流域内的区县贷款并偿还贷款。因此小江流域项目, 日元贷款的还贷者为东川区、会泽县和寻甸县。但是, 小江工程管理局成立后, 管理局代办申请、管理和贷款偿还。还贷资金也不仅限于各县区的财政收入, 也可以向云南省、中央政府申请项目资金用于还贷。

假设贷款 24 亿元, 偿还期间 30 年, 宽限期 10 年, 贷款利率 0.65% (相当于 JBIC 地球环境项目的优先条件), 本金和利息的支付总额约为 28 亿元, 2030 年前后最多每年要偿还 1.4 亿元。对于还贷资金的负担能力, 不仅要分析三县区的财政状况, 还要分析云南省的财政状况、各种项目资金、水土保持基金申请的可能性和规模等。



图R 7.5.1 实施基本规划的资金筹集计划

### 1) 财政状况

从流域内三县区的财政状况来看，年国内生产总值 50 亿元，年财政收入 3.6 亿元，财政支出 10.9 亿元。各县区的财政收入和财政支出增长率，在 1990~2002 年的 12 年，流域内区县的财政收入增加 3.8 倍，财政支出增加 6.3 倍。即便将来有可能大幅度增加，但只依靠三县区财政每年偿还 1.4 亿元还是很困难，需要云南省以及中央政府的财政支持。

从云南省的财政状况来看，2002 年的国内生产总值 2232 亿元，财政收入 207 亿元，财政支出 527 亿元，12 年间财政支出增加了 6 倍。1.4 亿元仅仅占 2002 年财政支出的 0.27%，再加上今后的经济增长，可以说完全有能力负担最多 1.4 元 / 年的贷款偿还。

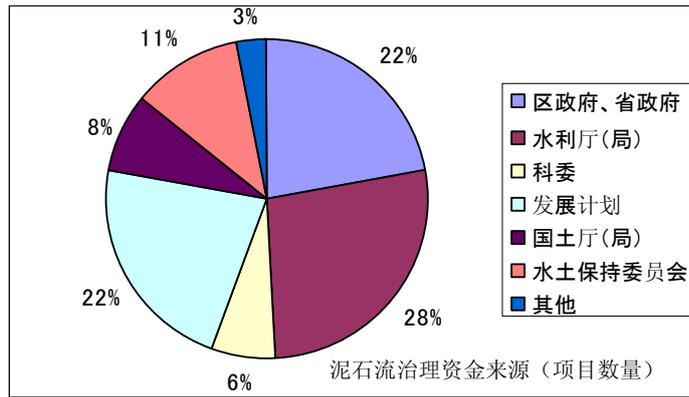
表 R 7.5.6 三县区以及云南省的财政状况

行政区域	人口 (千人)	国内生产总值 (百万元)	财政收入 (百万元)		财政支出 (百万元)	
			1990 年	2002 年	1990 年	2002 年
云南省	43,331	223,232	7,742	20,676	9,076	52,689
东川区	302	746	17	40	44	251
寻甸县	501	1,088	22	72	47	248
会泽县	897	3,172	54	247	80	588
三县区合计	1,700	5,006	93	359	171	1,086

数据来源：《云南省统计年鉴 2003》云南省统计局编制，中国统计出版社出版

### 2) 中央政府资金

到目前为止的小江流域水土保持项目费用，不仅有区县政府的投资，也有来自发改委、国土厅（现在的国土资源部）等中央政府的项目经费。今后的土砂灾害治理及自然环境修复项目，也可以同样向中央政府部门申请资金。



资料来源:《东川泥石流防治研究所二十五周年纪念》,昆明市东川区泥石流防治研究所, 2002年 2002年(研究项目资金来源统计结果)

图R 7.5.2 各种资金来源的泥石流治理项目数量所占比例

### 3) 开发资金

为了解决水土流失问题,中国设立了各种各样的基金,通过基金申请也可以负担一部分项目费用。主要基金的内容和申请条件如下:

表 R 7.5.7 主要开发基金

基金名称	主管单位	金额	小江流域申请可能性
长江上游水土保持资金	长江上游水土保持委员会	3 万元 / 平方公里	属于长江流域可以申请
退耕还林资金	国家林业局	粮食: 150 公斤/亩/年 × (5~8 年) 现金: 20 元/亩/年 × (5~8 年) 种苗: 50 元/亩	农田退耕还林的话可以申请

### 4) 开发基金

通过上述分析,只是依靠流域内区县财政难以偿还贷款。但是如果流域内将来经济发展、财政收入增加,再加上云南省和中央政府的支持,完全可以偿还。

#### 7.5.3 技术评价

基本规划提出的技术在当地能否接受也是基本规划可行性分析的重要内容。本次调查规划基本上按照尽可能采用当地(小江流域)现有技术,根据需要作一些改良的方针,进行规划编制。但为了进一步提高效益,也提出了下列小江流域目前没有的技术。

- 治坡工程
- 严酷环境下的造林
- 通过型拦沙坝(格栅坝)
- 局域雷达雨量计

这些技术的相似技术和经验,虽然小江流域没有,但中国国内有这些技术,通过接受必要的技术培训,完全可以在当地生根发芽,由此判断在技术上并不是没有问题。

#### 1) 治坡工程

治坡工程的目的在于防治崩塌地和冲沟的侵蚀和崩塌。目前为此,小江流域造林重点放在无林地上,费用较高的崩塌地、冲沟推后治理。本次调查认为,控制崩塌地和冲沟的扩大非常重要,因此提出实施治坡工程。治坡工程以栅栏、竹埂、草帘覆盖和造

林为中心，工程本身利用当地的传统技术就完全可以。又且附近的四川省安宁河流域正在实施的 JICA 项目，治坡工程的试验施工正在进行，通过与该项目的交流就可以进行技术培训学习。治坡工程试验施工中所遇到的问题是缺少治坡工程所需的合适的木材因而使用竹材，除此之外没有什么特别的问题。（这些区域没有采用治坡工程的原因与其说是技术方面的问题，到不如说是经济方面的，此外还有对于崩塌地实施治坡工程的基础上进行造林的必要性认识不足。

## 2) 严酷条件下的造林技术

海拔 1500 米以下区域的造林树种，根据当地实际造林情况选择坡柳、苦刺，基本上没有太大的技术问题。但是在自然条件严酷的干热河谷，这些树种也有可能不能充分发育成长，在这种情况下需要进行充分的监测，如果难以发育成长的话，可以选择龙舌兰等对于干热河谷的适应性更强的树种来对应。

## 3) 通过型拦沙坝（格栅坝）

本规划研究中，从泥石流、洪水发生时的土砂拦蓄效果考虑，提出的工程措施治理以日本新技术的通过型拦沙坝（混凝土格栅坝）为主。通过型拦沙坝与传统的非通过型拦沙坝（重力坝）的构造物本身都是混凝土构造，没有什么区别，只不过如 6.1.2 节所述，设计时需要注意格栅的宽度等。

通过型拦沙坝为了拦蓄泥石流，必须使泥石流能够持续堵塞格栅。格栅宽度过宽，土砂直接从格栅流过；格栅宽度过窄，受坝体的阻碍使流水拥堵，泥石流龙头所含的砾石不能到达开口部分，因而不能堵塞格栅，不含巨石的后续流直接从拦沙坝流过，因而不能充分发挥拦蓄作用。

今后在可研调查、施工设计阶段，参考日本最新技术情报的同时，需要对拦沙坝规划地点上下游各 200 米范围进行巨石粒径调查以及水理模型试验，充分分析研究格栅宽度与坝体造成的水流拥堵、格栅宽度与开口部堵塞的关系的基础上进行设计。

## 4) 局域雷达雨量计

局域雷达雨量计在日本已经是成熟技术，而在中国是全新的技术，雷达本身与传统的气象雷达没有什么变化，维护管理也完全一样。正好昆明市气象局也有气象雷达在运行，应该可以从他们的经验中学到很多知识。况且中国拥有很高的 IT 技术，只要维护管理费能够落实，利用局域雷达雨量计的预警预报系统完全可以长期使用下去。

基本规划中为了克服采用新技术的不确实性，提出分阶段构建预警预报系统。也就是说，优先实施项目中以自动雨量站为中心构建传统的预警预报系统。经过一定的运作、维护、管理经验的积累，然后引进局域雷达雨量计。

### 7.5.4 初期环境评价

对小江流域土砂灾害治理及自然环境修复基本规划进行了初期环境评价，环境影响评价项目一览表（表 7.4.5）中汇总了评价结果。基本规划原本就是保护居民生命财产安全修复自然环境的项目，预测对自然环境和社会环境的影响甚微。但在居民搬迁、经济活动、交通以及生活设施等社会环境和景观等自然环境方面可能有一些微小的影响，通过在规划阶段与居民进行充分的协商、确保居民的参与，估计可以避免或者减轻这些影响。

以下首先叙述基本规划编制中实施的社会环境影响评价结果概要，然后根据 7.4.5 环境影响评价项目一览表，在社会环境、自然环境、污染与公害三个方面叙述基本规划的社会环境影响评价结果。

## 1) 概要

### a) 各种治理措施的影响以及避免或者减轻手段

工程治理中，泥石流治理的拦沙坝建设工程主要在远离居住地和农田的地点进行，因此对居民生活基本没有影响（例如，工程本身的影响、对水质、大气和交通的影响等）。排导槽与导流堤原则上在目前的河道上修建改建，通过城区和农田的部分，可能会因为河道加宽而影响到房屋、农田、各种设施等。设计中尽量将土地征用、搬迁补偿控制到最小限度，至少要避免居民搬迁。小江流域有国家级保护动植物的生息繁殖地、自然保护区、景观保护区、灌溉设施等，根据目前掌握的信息，对这些方面不会有影响，有待于今后进一步调查研究。

在流域水土保持治理、主河道治理（有计划地改道）、灾害图绘制、依法强化水土保持监督管理（非工程治理措施之一）等方面，担心会对居民有些影响。比如，25 度以上陡坡地退耕还林，15~25 度坡耕地的坡改梯，都必须与农民和乡镇政府进行充分的协商。特别是退耕还林，最终农民失去了赖以生存的农田。居民为了生活，砍柴、放牧还在持续，有些地方会出现居民之间的冲突；今后好不容易实施的造林工程，造林效果也会降低。因此基本规划的非工程治理措施中副产物利用等扶贫措施。主河治水规划中的有计划改道，对居民而言会产生农地置换，因此还需要对包括利害关系在内的社会影响进行充分的调查。

### b) 项目实施方面的影响及其避免或者减轻手段

#### i) 项目实施、运营管理、实施后的自立发展

建议在水利厅的管理下，成立小江工程管理局（暂定名称），作为包括工程治理和非工程治理的基本规划的实施单位，以该单位为中心开展非工程治理。该单位的目标为：缓解土砂灾害的发生，修复自然环境，以及包括副产物利用的小江流域开发。

工程管理局的运营也不容乐观。主要面临两大课题，首先是到 2020 年为止项目实施的运营管理，其次是 2020 年项目完成之后的维持发展。关于后者，在项目实施阶段就应该建立确保自立发展的结构以及进行必要的培训。

#### ii) 居民参与的必要性

无论工程治理还是非工程治理，规划编制中，居民以及相关人员的参与是必不可缺的。例如：造林、退耕还林、坡改梯等措施的实施对象——山坡是很多居民的生产生活场所。另外，群测群防、灾害图绘制、居民搬迁、包括副产物利用的扶贫，都是居民应该成为主人公的活动和项目。在规划过程中确保居民的参与，通过居民参与制定切实可行的规划，在本次规划中是必不可少的。作为新设立单位的小江工程管理局，机构庞大，也必须要依靠群众。因此，新机构需要在结构方面保障居民参与，或者采于其他方式确保居民参与。在项目周期内的所有阶段，居民参与是本规划非常重要的支柱。

## 2) 根据评价项目一览表的分析

如上所述基本规划的初期环境影响评价结果汇总表 7.4.5 的环境影响评价项目一览表，以下从社会环境、自然环境、污染与公害三个方面说明环境影响评价项目一览表。

## a) 社会环境

基本规划编制阶段由于工程治理的规模与位置、根据灾害图判定的危险区域范围、公布方式以及退耕还林实施区域等还未最终确定，居民搬迁的影响程度也不明确，有待今后进一步调查。特别是危险区域公布之后，可能会产生新的非自发性搬迁，可研阶段为了尽量避免居民搬迁的发生，采用居民参与的方式进行规划制定。此外，退耕还林的实施对象需要充分考虑居民的（居住地、农田以及农田、市场的交通等）生产生活基础，否则可能致使农民失去生活基础。为此实施退耕还林需要在规划编制阶段开始采用居民参与方式进行项目设计。

对经济活动产生的影响，由于现阶段项目内容中不确定的部分较多，影响程度不是非常明确，需要今后进一步调查研究。特别是围绕主河道治理（有计划改道）、坡耕地利用方面，很多农户的土地界线不太明确，受益人员之间如何根据明确的规则分配效益也很重要。政府部门（项目实施单位）与个体农户（受益者）之间的项目信息公开与规划编制中的居民参与、协商也很重要。「

对交通与生活设施的影响方面，拦沙坝建设可能会切断目前居民使用的道路。优先实施项目中包含拦沙坝建设，产生这方面影响的可能性很高，可能对利用现有道路的特定居民产生负面社会影响。由于不是规模巨大的坝体，不会给居民造成极端的不利影响产生，因此表 7.4.5 中评价等级定位在 B 类。今后在规划编制阶段与施工设计阶段需要继续与居民进行充分的协商，根据需要重新修建道路。「

其他方面的影响都是最小限度的影响或者几乎没有影响。由于没有任何信息显示存在遗迹、地下文化遗产等，所以对遗迹与文化遗产没有影响。工程建设地点距离居民比较远，环境卫生方面的影响也极为有限。如果工程建设产生的施工废弃物的数量很多，也会产生一些影响，但预测规划规模的工程建设不会产生太多的施工废弃物因而影响甚微。本项目以防灾减灾为目的因此认为没有环境影响。项目区也是少数民族生活区域，但没有任何对少数民族不利的政策，相反在贫困对策方面将会对少数民族实施优先，因此认为没有负面影响。

## b) 自然环境

对景观的影响，在农村地区建设拦沙坝、排导槽以及大面积造林肯定会发生景观变化，排导槽建成后，需要对两侧实施绿化。关于拦沙坝、造林需要与居民进行充分的协商沟通。但是环境影响评价与对策的确立，不能根据经济发展阶段明显不同的发达国家的价值看待，需要充分考虑居民对灾害治理的需求，采取现实可行的对策。

对动植物的影响，现阶段由于珍稀动植物、国家保护动植物生息地的具体数据资料不明确，无法评价影响程度，有待今后在可研调查阶段进行具体详细的调查。

对保护区的影响，现阶段工程区与项目区的位置关系还为明确，不能对影响程度、范围进行评价。可研调查阶段对工程区与保护区进行调查，根据需要采取必要的保护措施。

除此之外，对其他自然环境的影响程度甚微或者几乎没有影响。拦沙坝建设不会诱发滑坡、崩塌的发生，对地形地质没有影响。本项目实施的目的在于控制水土流失，不会形成大量的水土流失。没有山体切削工程，对地下水也不会产生影响。项目实施目的在于控制土砂量，可以对微小的浮游质也有抑制作用，对湖泊、河流流动状况的具有正面影响，即便产生负面影响，程度也非常微弱。由于是内陆地域，对海岸、海域没有影响，对气象也没有影响。

### c) 污染与公害

施工建设对大气、水质、土壤造成的影响有限。本项目没有会对引发大气污染的工程建设，不会导致空气质量恶化。施工建设中的水泥污水、冲洗泥水的数量较少，施工规模还没有达到需要修建沉淀池进行中和处理的程度。工程建设地点大部分没有住户，工程也没有大规模的挖掘切削，不会产生噪音污染与振动。经过对项目内容的分析研究，土壤污染、地面下沉、恶臭等影响程度甚微。

## 第 8 章 选择确定优先实施项目

### 8.1 优先实施项目方案

从图 R7.4.1 基本规划实施方案中，选择出到 2010 年应该完成的项目，作为第 2 年度优先实施项目的可行性研究调查对象。优先实施项目的内容见表 R8.1.1：

表 R 8.1.1 计划到 2010 年完成的优先实施项目方案

编号	项目名称（暂定）	对象区域	项目内容	备注
1	设立小江工程管理局（暂定）	小江全流域 (3,058km <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建立基本规划实施、运作机构</li> <li>• 配备办公场所和设备</li> </ul>	
2-1	豆腐沟土砂灾害治理及自然环境修复项目	豆腐沟流域 (16.0km <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 泥石流治理（导流堤 5600 米）</li> <li>• 流域水土保持（造林 464 公顷、治坡工程 59 公顷、坡改梯 54 公顷）</li> <li>• 非工程治理（制作灾害图、群测群防等）</li> </ul>	优先小流域
2-2	乌龙河土砂灾害治理及自然环境修复项目	乌龙河流域 (134.6km <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 泥石流治理（拦沙坝 14 座、排导槽 8100 米、导流堤 1100 米）</li> <li>• 流域水土保持（造林 2056 公顷、治坡工程 273 公顷、坡改梯 1223 公顷）</li> <li>• 非工程治理（制作灾害图、群测群防等）</li> </ul>	优先小流域
2-3	东川城区土砂灾害治理及自然环境修复项目	深沟、石羊沟流域 (56.6 km <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 泥石流治理（拦沙坝 17 座、排导槽 16600 米）</li> <li>• 流域水土保持（造林 825 公顷、治坡工程 53 公顷、坡改梯 268 公顷）</li> <li>• 非工程治理（制作灾害图、群测群防等）</li> </ul>	优先小流域
2-4	桃家小河土砂灾害治理及自然环境修复项目	桃家小河流域 (72.6km <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 泥石流治理（导流堤 4000 米）</li> <li>• 流域水土保持（造林 1317 公顷、治坡工程 125 公顷、坡改梯 522 公顷）</li> <li>• 非工程治理（制作灾害图、群测群防等）</li> </ul>	优先小流域
3	利用自动雨量计构建预警预报系统项目	小江全流域 (3,058km <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 设置自动雨量观测站（8 个）</li> <li>• 设置防灾信息中心（1 所）</li> <li>• 设置泥石流感应器（东川城区流域）</li> <li>• 设置警报局（东川城区流域）</li> </ul>	

优先实施项目中，四条流域土砂灾害治理及自然环境修复项目的生物治理中所研究分析的 25 度以上坡耕地的退耕还林，基于下述理由，不包括在可行性调查对象之内。

- 坡耕地退耕还林，会导致依靠农田维持生计的农民失去生活基础，会导致该区域社会的破坏。为此，需要收集整理当地农民的生活习惯方面的基础资料，研究确保生活补助、替代农田的基础上，通过居民的参与达成一致意见后，慎重地开展实施。
- 调研过程需要相当长、以至于以年为计算单位的时间。而本次调查中安排的可行性调查阶段只有几个月的时间，短时间内难以对坡耕地退耕还林的可行性作出结论。
- 况且，退耕还林仅占项目总投资的 5%，其他治理措施占 95%，首先确认这些治理措施的可行性，早日开始实施治理更为重要。