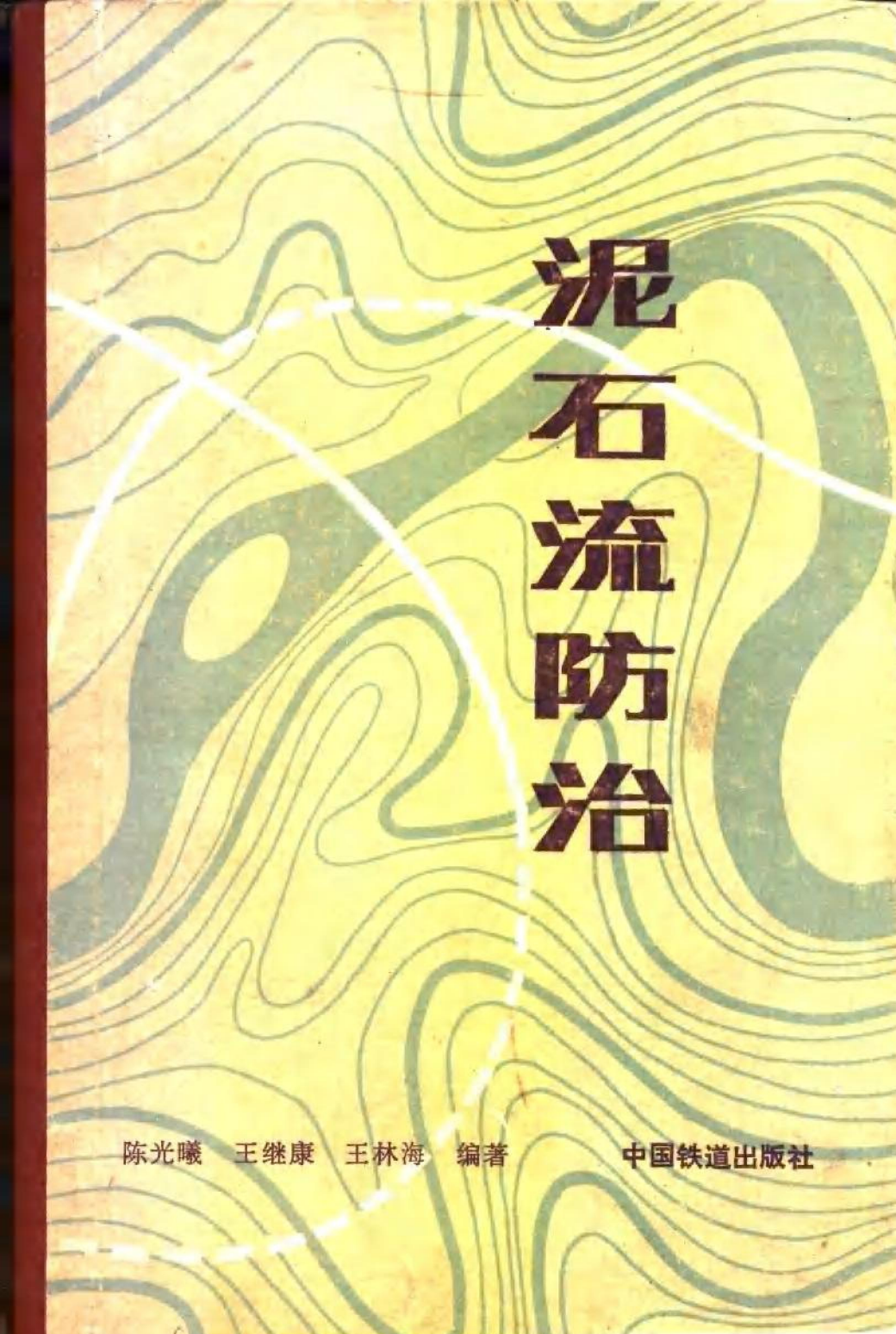




泥石流防治

陈光曦 王继康 王林海 编著

中国铁道出版社

铁路特殊工程地质技术丛书

泥石流防治

陈光曦 王继康 王林海 编著

WJ57/11

中国铁道出版社

1983年·北京

泥 石 流 防 治

陈光曦 王继康 王林海 编著

中国铁道出版社出版

责任编辑 施以仁

封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 850×1168 $\frac{1}{16}$ 印张: 7.25 插页: 2 字数: 188 千

1983年12月 第1版 1983年12月 第1次印刷

印数: 0001—6,000 册 定价: 1.90 元

内 容 简 介

本书第一章概述泥石流分布。第二至四章论述泥石流的形成规律、运动特征和危害性，从而提出泥石流综合分类，以及山区变迁型河段的概念。第五章推荐改进和制定的泥石流计算公式。第六至八章系统总结泥石流地区铁路选线、防治措施及泥石流病害整治的原则和要点。第九章介绍泥石流勘测与观测。

本书资料新、论证细、内容丰富，是一本系统研究泥石流防治经验的专著。可供地质、水文专业，土建工程勘测设计、科研人员及大专院校师生参考。

前 言

泥石流是我国山区铁路的一大危害。全国已成山区铁路通过泥石流沟约1010条，其中已知397条存在不同程度的病害，有的甚至严重威胁着运营安全，急待整治。从这些泥石流病害的程度和分布情况看，以五十年代及以前修建的铁路，泥石流集中区段最为严重，主要是当时对泥石流认识不足所致；六十年代及以后修建的铁路，泥石流集中的区段受害比较轻微，泥石流零星分散区段反而问题不少，主要是勘测设计期间漏判（把泥石流判为清水流）、轻判（对泥石流的危害性分析偏低），以及运营期间人为活动激发泥石流所致。事实说明：我国对山区铁路泥石流防治的水平不断提高，但还有许多新问题亟待解决，从事泥石流工作的力量亟待加强。后者是编写本书的目的，前者是本书的基础。

本书取材多出自西南铁路，并引用了西北铁路以及公路和地方等部门防治泥石流部分资料，是广大从事勘测设计、施工、养护、科研工作者与泥石流作斗争的经验总结。

全书共分九章。第一章介绍我国山区铁路沿线泥石流分布及泥石流研究的发展情况。第二章写泥石流形成条件。着重分析地质构造、新构造运动、地震、岩性、沟谷岸坡的不良地质等形成固体物质的基本因素和源地，不同雨型、前期降雨，地形、地貌等对发生泥石流的作用。第三章从泥石流对铁路产生危害的角度分析泥石流的活动特征，特别讨论了泥石流集中的山区变迁型河段的活动规律，以利泥石流危害的预测和防治。第四章提出了综合分类的观点；希图从本质上反映泥石流的形成条件、流域形态、物质组成、流体性质、发育阶段及发展趋势等各项特征，以期准确地掌握泥石流活动规律，指导泥石流防治。第五章推荐在我国西南地区行之有效的两种类型的泥石流计算公式；根据实测

资料验证改进的外国公式和新提出的经验公式。第六章本着选好线路方案是铁路泥石流防治的最有效措施的观点，例举正反两面实例，说明泥石流工点选线的特定技术条件及泥石流集中地区大段落总体选线要点。第七章讨论了泥石流地区新建铁路主体工程设计原则和防护、排导、拦挡等工程措施及生物措施的配合应用，以提高铁路长期运行的安全度。第八章总结已成铁路泥石流病害整治经验。第九章简要介绍泥石流勘测与观测。

本书是集体编著。由铁道部昆明铁路局科研所王继康执笔编写第一、二（大部分）、三、五章。昆明局科研所王林海编写第四章及第二章第一节。铁道部第二勘测设计院科研所陈光曦编写第六、七、八章，二院张赫文、欧阳正参加七、八章编写工作。二院桥隧处刘炳骅编写第九章。全书由执笔人集体讨论定稿，由陈光曦最后审校。由于作者水平和工作地区局限，本书取材未能充分反映西北铁路及路外各部门的工作水平和研究成果，内容不够全面。希望读者批评指正。

本书承铁道部隧道工程局何以中和洪正修提供宝贵意见，并得到昆明铁路局金宝谦、第二勘测设计院张安铭、丁玉寿、向本立等的协助，昆明局唐青同志提供封面设计参考图案，谨此致谢。

作 者

1982年8月

目 录

第一章 概 述	1
第一节 概 说	1
第二节 泥石流分布	2
第三节 泥石流学科的特点和发展概况	4
第二章 泥石流形成条件	7
第一节 松散固体物质条件	7
第二节 水源条件	13
第三节 地貌条件	16
第四节 人为活动的影响	20
第三章 泥石流的活动特征和危害作用	22
第一节 泥石流流体特征	22
第二节 泥石流的冲、淤特征	25
第三节 山区泥石流汇集的河段特征	28
第四节 泥石流的周期性	34
第五节 泥石流的危害作用	35
第四章 泥石流的分类	45
第一节 国内泥石流分类研究概况	45
第二节 泥石流的分类	48
第五章 泥石流计算	56
第一节 流量计算	56
第二节 流速计算	65
第三节 河床（堆积扇）淤积上涨计算	77
第六章 泥石流地区铁路选线	81
第一节 概 说	81
第二节 跨越泥石流线路方案选择	83

第三节	跨越小型泥石流扇群线路方案选择	102
第四节	绕避泥石流线路方案选择	105
第五节	山区变迁型河段河滩线路方案选择	109
第六节	泥石流地区大段落综合选线	112
第七章	铁路泥石流防治措施	120
第一节	概 说	120
第二节	泥石流地区桥梁设计	121
第三节	泥石流地区隧道、明洞及渡槽设计	137
第四节	泥石流地区路基及防护工程设计	144
第五节	泥石流排导工程	151
第六节	泥石流拦挡工程	163
第七节	泥石流防治的生物措施	177
第八节	泥石流防治工程措施的综合应用	179
第九节	泥石流全流域综合治理	181
第八章	已成铁路泥石流病害整治	187
第一节	改造沟床或增加拦排措施	187
第二节	改造铁路主体工程	195
第三节	改造线路平剖面	202
第四节	工程结构的修复与加固	206
第五节	已成铁路泥石流工点管理	209
第九章	泥石流勘测与观测	211
第一节	收集泥石流区域资料	211
第二节	防止泥石流沟的漏判	211
第三节	泥石流航片判释	212
第四节	泥石流实地调查	215
第五节	泥石流测绘	219
第六节	泥石流观测	219
第七节	泥石流的静力学试验	222

第一章 概 述

第一节 概 说

泥石流是含有大量固体物质（泥、砂、石）的山洪。活动过程介于洪水和滑坡之间，为高浓度固、液相颗粒流。流体容重一般在 1.2 至 2.3tf/m^3 之间。当固体物质含量低，粘度小时，流体近似于一般山洪，呈紊流流态；固体物质含量高，粘度大时，流体似塑性体，呈层流流态，流动有阵性。泥石流流体很不稳定，流体性质随固体物质性质、补给量与水体补给量的增减而改变，在运动过程中，又随时间地点而变化。

泥石流是地质不良的山区常见的一种自然灾害现象。形成泥石流，必须同时具备陡峻的地形、丰富松散的固体物质和足够的水源三个基本条件。而三个基本条件的发生、发展，转换和组合，则是构成各种不同类型泥石流的重要因素。

泥石流是在暴雨（融雪、冰川、水体溃决）激发下发生的。暴发时，浑浊的泥石流体沿着陡峻的山沟，前推后拥，奔腾咆哮而下，地面为之震动，山谷有如雷鸣。冲出山口后，在宽阔的堆积区横冲直撞，漫流堆积。

因泥石流暴发突然，运动快速，能量巨大，来势凶猛，故破坏性特别强烈。其漫流淤积，集中冲刷，撞击磨蚀，河弯泥位超高，爬起壅高以及堵河断流，挤压主河改道等危害作用，常给山区工农业生产建设造成极大危害，对山区铁路、公路的危害，尤为突出严重。因此，鉴别泥石流，掌握泥石流活动规律，防治泥石流为害，是保证山区建设所必需。

第二节 泥石流分布

研究泥石流在地理上的分布规律，会有助于判别泥石流，掌握和揭示泥石流现象的本质。

泥石流在全球分布广泛，从报导资料看，除南极洲外，六大洲都有泥石流。最活跃的地区是北回归线至北纬50度之间的山区（如阿尔卑斯山——喜马拉雅山系，环太平洋山系，欧亚大陆内部一些褶皱山等），其次是拉丁美洲，大洋洲和非洲的某些山区。

泥石流分布在世界60多个国家和地区，最多的国家有中国、苏联、美国、日本、奥地利、瑞士、印尼、意大利、南斯拉夫、新西兰、印度、尼泊尔、巴基斯坦、法国、英国、秘鲁、智利、罗马尼亚和捷克等。

我国幅员广大，山区占全国总面积的三分之二，地质构造复杂，岩性多变，地震强烈，加上季风气候，以及几千年来人为活动的影响，成为世界上泥石流最为发育的国家之一。

我国泥石流主要沿着山地的地震带和地质构造断裂带发育，沿河流两岸及山间盆地的山前分布，并集中活跃于暴雨和融化水充沛地区，以及人为破坏、水土流失严重区。西南、西北、华北、东北和中南的二十三省区都分布有泥石流，其中以西南、西北为最多，最活跃，规模也最大。

泥石流是我国山区铁路的主要危害之一。据现有资料，在山区铁路中，除台湾省各条铁路外，已发现泥石流沟约1010条，大部分集中在西南和西北铁路上，计昆明铁路局管内266条，成都铁路局管内161条，西安铁路局管内255条，兰州铁路局管内209条，这四个局管内的泥石流，约占总数的百分之九十五，见表1—1及图1—1。从铁路线段看，以成昆线分布最多，全线共有305条（见图1—2），东川支线分布密度最大，在53公里范围内有86条，平均每公里有1.6条（见图1—3）。

铁路所遭遇的泥石流类型齐全。泥石流分布在西北黄土高原，

粘性和稀性泥石流西南最多，东北和华北则主要是稀性泥石流。
铁路进入西藏将遭遇冰川泥石流。

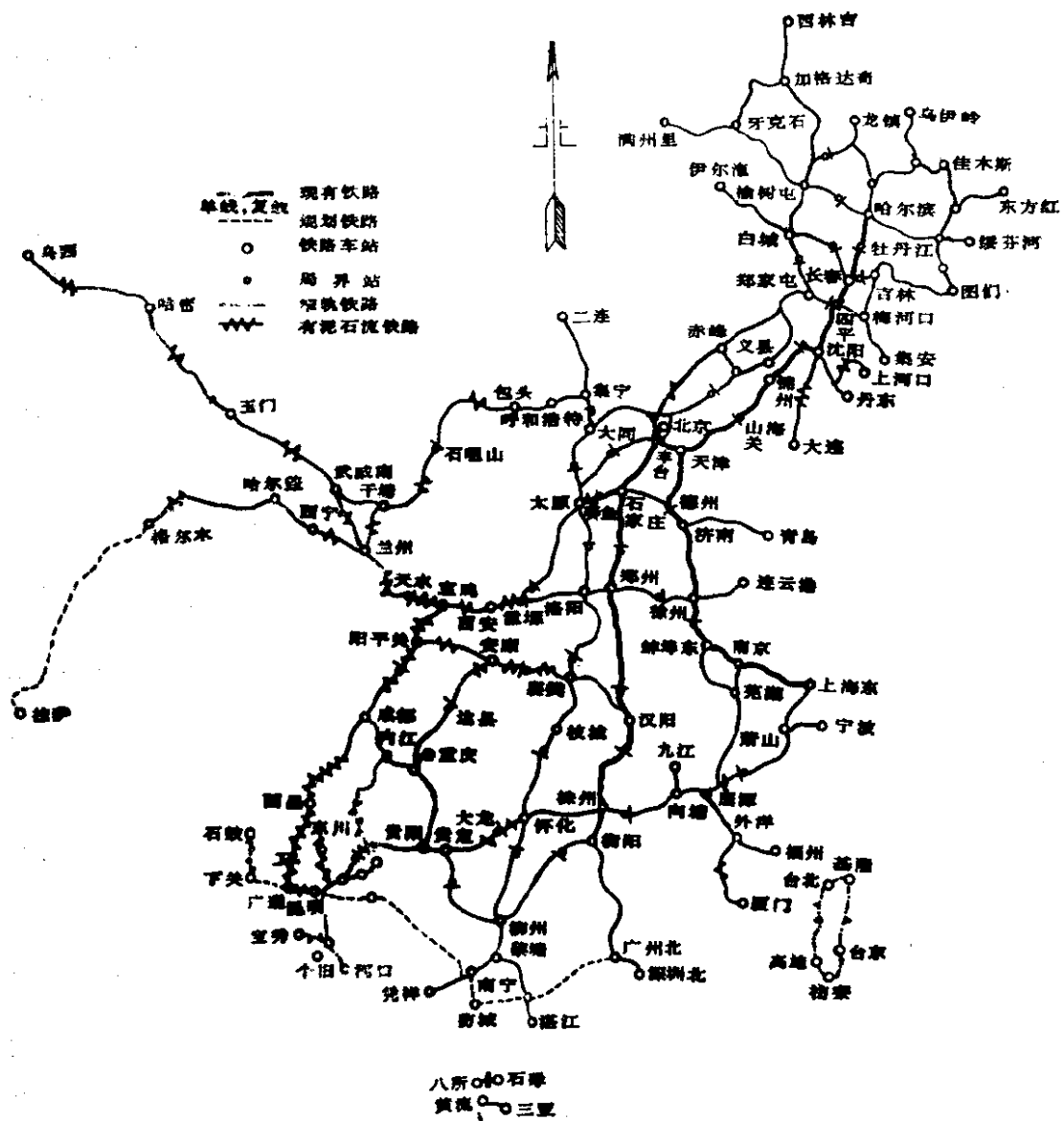


图 1-1 全国主要铁路泥石流分布示意图

全国主要铁路泥石流沟分布特征表

表 1—1

线 名	沟数 (条)	分布区间	分布 特征	线 名	沟数 (条)	分布区间	分布 特征
东川支线	86	响水河~东川	集中	陇海线	78	潼关~渭南	集中
蒙宝线	36	鸡街~宝秀	分散			拓石~陇西	集中
成昆线	305	沙湾~泸沽	分散			龙西~兰州	分散
		泸沽~西昌	集中			兰州地区	集中
		西昌~拉祜	分散	包兰线	21	兰州~狄家台	集中
		拉祜~红江	集中	兰新线	69	兰州~打柴沟	集中
		红江~羊臼河	分散			打柴沟~疏勒河	分散
		羊臼河~黑井	集中	兰青线	25	河口南~海石湾	集中
宝成线	101	宝鸡~油房沟	分散			海石湾~西宁	分散
		油房沟~徽县	集中	青藏线	21	扎麻隆~岳家村	集中
		徽县~徐家坪	分散	凤上线	38	长岭地区	集中
		横现河~大滩	分散	石太线	4	娘子关地区	集中
阳安线	126	阳平关~欧家坡	集中	鹰厦线	5		分散
		洋县~汉阴	集中	各专用线	28		分散
襄渝线	66	白浪~白河	分散	小 计	1010		

第三节 泥石流学科的特点和发展概况

泥石流学科是一门新兴的科学，它的建立和发展，源于生产实践。它是一个应用性很强的科学。交通运输、农田水利、植树造林、工矿生产、城镇建设等部门，根据所遇到的泥石流问题，都需要按各自的要求作不同的处理，都需要泥石流学科为生产实践提供理论指导，这就不断的促进了泥石流学科的发展。

泥石流学科，是介于地质、地理和水文之间的边缘性科学。它涉及工程地质学、水文地质学、第四纪地质学、土质学、岩相学、岩石学、火山学等地质学领域；涉及自然地理学、地貌学、地植物学、冻土学等地理学领域；涉及水文学、气象学、冰川学等水文气象学领域，以及水土保持、森林土壤改良等学科。

目前对泥石流的研究，正处于发展阶段。在国外，苏联对泥石流研究较早（始于1859年），内容较广，规模较大，体系也较完善，成果较丰富，暂时处于领先地位。

日本1966年开始进行泥石流观测和定点研究，起步晚，但发展快，在世界泥石流研究中占显著地位。

阿尔卑斯山区国家奥地利、法国、意大利和瑞士等，研究得比较早，获得不少成果，特别是在工程建筑物结构和森林土壤改良措施等方面比较突出。

美国早在1897年就有报导，但较多的研究是从二十世纪六十年代开始，现在正处于蓬勃发展时期。

我国解放前，山区人民有和泥石流作斗争的经验，但系统的泥石流研究则长期处于空白状态。五十年代初期，随着山区经济建设的迅速发展，泥石流研究才逐渐开展起来。中国科学院、铁路、公路、水利、矿山、城镇、农业、地质和高等院校等十余个部门以及一些地方单位，相继开展了泥石流的调查研究和治理，定点观测，模型试验和防治实践。在短短的四分之一世纪内，已经积累了丰富而珍贵的泥石流资料，初步掌握了我国泥石流的分布、形成、运动和发展规律，摸出了一些行之有效的防治和利用泥石流的方法。

铁路部门在五十年代初，在宝天线、宝成线、内昆线、东川线勘测设计中，接触到泥石流问题，作过一些调查研究，并把它作为决定线路方案的主要因素之一。但由于当时对泥石流的认识不足，因而某些线段选线失当，处理措施不够恰当有力，出现了严重的泥石流病害，教训深刻。铁道部第一设计院1964年在西北地区开展了泥石流的定点观测和模型试验，取得宝贵的经验数据与研究成果。铁道部第二设计院则在1957年至1964年对东川线泥石流进行了较全面的、大规模的定点观测研究和大面积范围的调查以及工程病害的处理，取得大量资料，初步认识了泥石流的特征和规律，验证并改进了泥石流的有关计算公式。初拟了泥石流的粗略分类，总结了一些经验教训，提出了泥石流地区铁路勘测设计方法初稿和工程措施经验。1965年至1970年在成昆铁路建设中通过再实践，成功的选定了通过泥石流集中地区的大段落线路方案，在很大程度上成功的避免了泥石流病害，从而完善了以防治

泥石流为特点的泥石流综合分类。据此，铁道部全面的总结了成昆铁路泥石流防治经验。

铁路泥石流定点观测的主要泥石流沟

表 1—2

线别	沟 名	观测年代	年数	参 加 单 位	附 注
东 川 线	大白泥沟	1957~1964	7	铁二院	1980年复测一次
	小白泥沟	1958	1	铁二院	
	铜厂箐 2 号	1958	1	铁二院	
	发窝沟	1959	1	昆明局, 铁道兵	
	老干沟	1959, 1961, 1963	3	昆明局, 铁道兵, 铁二院	1980年再复测
	姑海沟	1957	1	铁二院	
	拖沓沟	1961, 1962	2	铁二院	1980年复测
	大白河—小江河床上涨观测	1956~1981	25	东川矿务局, 铁二院	1980年复测上段
成 昆 线	羲农河	1966	1	铁二院	西科所作模型试验
	黑沙河	1967	1	二院, 西科所, 科学院泥石流二队	共同作模型试验
	三 滩	1975, 1976	2	昆明局, 西科所, 成都地理所	西科所、昆明局作模型试验
西 北 地 区	元龙镇	1964	1	铁一院, 西科所, 西安局	
	大洪沟	1965	1	铁一院	作过试验槽试验
	后坝沟	1965	1	铁一院	

第二章 泥石流形成条件

泥石流的形成，必须同时具备丰富的松散固体物质、足够的水源和陡峻的地形三个基本条件。人为活动对某些泥石流的发生和发展也有密切的影响。

第一节 松散固体物质条件

泥石流之所以不同于其它水流是在于含有大量固体物质。固体物质的成分、多少和补给方式，决定泥石流的类型、性质和规模。

泥石流源地，主要是指松散固体物质的场地。松散固体物质的构成、储存和积聚取决于地质的内外营力条件，包括地质构造、新构造运动、地震、地层岩性、不良物理地质现象等等。

一、地质构造因素

地质构造，特别是深大断裂及其派生的次级断裂，经常成为提供泥石流松散固体物质诸因素中最基本的因素。

泥石流沟群常集中分布在某些深大断裂及其邻近地段，如西藏高原东部断裂带、西昌安宁河大断裂、金沙江地段的元谋～绿汁江大断裂、东川小江断裂、武都白龙江断裂、苍山断裂等地段，都广泛发育泥石流。当铁路沿大断裂及其附近通过时，将遇到比较集中的泥石流沟群，如成昆铁路南段有三分之二的泥石流沟是位于元谋～绿汁江深大断裂及其附近。当铁路线与某些大断裂横交或斜交通过时，则在相应部位出现泥石流，如成昆铁路斜穿峨眉～金阳大断裂、石棉～普雄大断裂的峨边和普雄等地，即有泥石流分布。

除了区域性的大断裂控制某些泥石流沟的分布和发育外，次

一级的小断裂对泥石流的发生和发展也有一定影响。某些泥石流沟常沿小断裂发育，如西昌黑沙河、东川大白泥沟等。

背斜轴部的枢性断裂及其邻近地段，岩层破碎，也往往是泥石流的发育场地，软硬岩互层的单斜层构造地段，在山坡的再造过程中也容易提供泥石流的固体物质。成昆铁路黑井泥石流集中地段的地质构造背景就具有这样的特点。

当然，并不是每一大断裂、或每一大断裂的每一部位，都有泥石流发育，这还要看形成泥石流的其它条件而定。

二、新构造运动因素

由于新构造运动的继承性，以及它对第四纪地形的控制和对地震的诱发等关系，新构造运动对泥石流的发生和发展起主导作用。在垂直差异性运动地区，泥石流沟集中发育，活动频繁。大部分泥石流分布于新构造运动的抬升或垂直差异性抬升地段。例如西藏高原东部和川滇西部的横断山脉，属长期抬升区，加以被许多南北向断裂切割，这些断裂活动具有继承性，近期活动强烈，垂直运动差异性大，地震活动也强烈而频繁，使地区侵蚀作用加剧，山坡块体运动发育，因之泥石流分布广泛。又如东川的小江断裂为康滇地轴与滇东台凹两构造区的分界线，差异性抬升明显，泥石流极为发育。

新构造运动的表现各个地区不尽相同，凡是地貌上属梯级地段，都是新构造差异性活动最明显的地段，多少有泥石流发育。例如自横断山至六盘山一线的梯级，太行山、燕山与华北平原交界处的梯级等。特别是横断山至六盘山一线的台阶边缘，是我国山地暴雨型泥石流分布最为密集的地区，其中有好几个著名的泥石流地区，自南至北有西藏东缘、安宁河、白龙江及陇东等泥石流地区。

较小范围内的新构造运动的研究，往往可以进一步阐明同一地区泥石流沟的分布特点和某些差异性产生的原因。例如安宁河深大断裂的近期活动，加以横向断裂的截切及其活动的不均一

性，引起南北向的安宁河河谷两岸差异性上升，东岸远较西岸上升为快，两岸的阶地发育也完全不同，西岸只有一级阶地，而东岸则有五级阶地，高差达 230 m，东岸泥石流远较西岸为发育。通过对安宁河东岸阶地位相图（图 2—1）的进一步分析，在羲农河和锅盖梁两处阶地有纵向突变，说明两地之间的上升幅度大于其上、下游段的上升幅度；而这一河段的羲农河端的现代上升又大于锅盖梁一端。从阶地位相图也证实西昌北山隆起断块的存在。这就是安宁河东岸的羲农河至锅盖梁段的泥石流特别集中发育的原因之一。也说明垂直差异运动幅度和速度最大的地段，泥石流最发育。

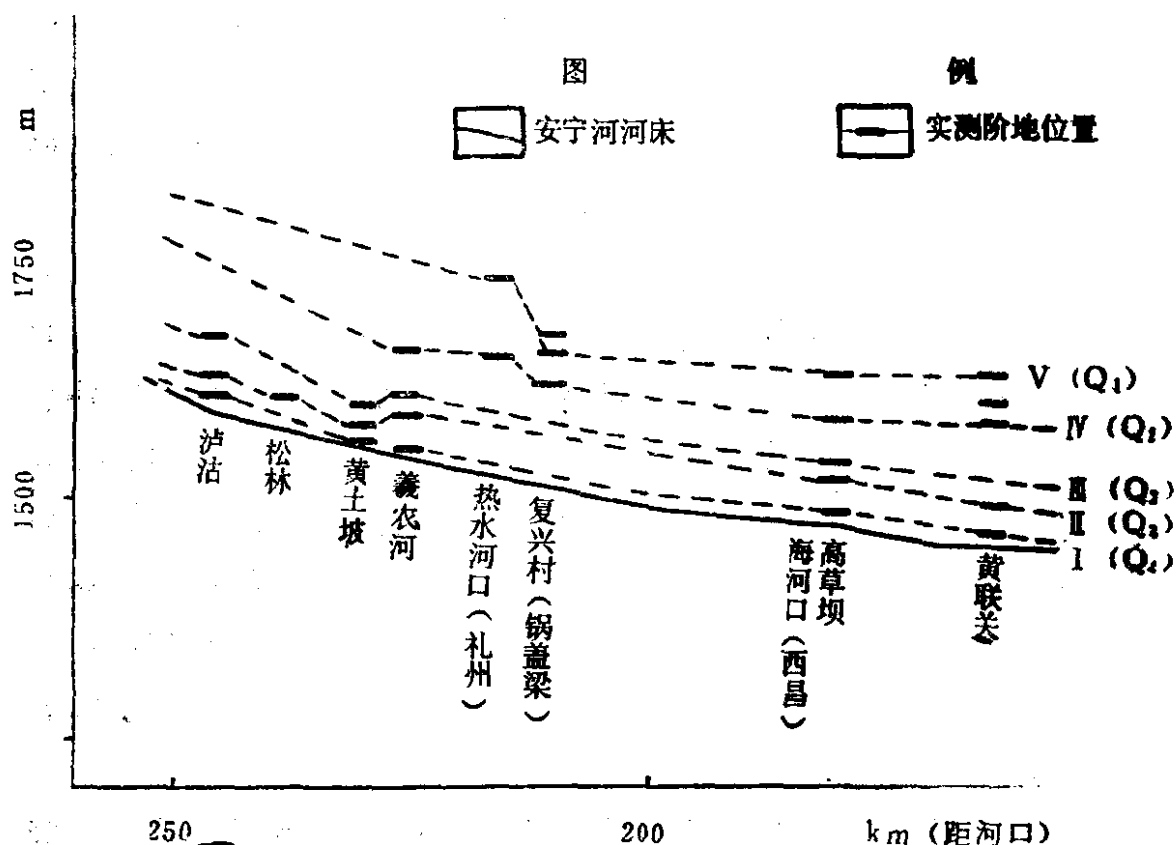


图 2—1 四川安宁河东岸阶地位相图（部分）
〔据中国科学院西部地区南水北调综合考察队资料〕

东川小江断裂由于两侧地层又受到近东西向断裂的切割而成构造断块，其间发生了差异运动，结果形成了大断裂南段的东支和西支之间、以及北段的东侧地段，泥石流特别发育。

隆起带的活动也能引起垂直差异性抬升。如在四川德昌和会理之间有一东西向隆起带，据测量资料目前有上升趋势。金沙江