

徐在庸 水利出版社



山洪及其防治

山 洪 及 其 防 治

徐 在 庸

水 利 出 版 社

内 容 提 要

本书比较全面地介绍了山洪现象的调查研究,扼要叙述了有关山洪的水力计算与水文计算方法,以及国内外关于山洪防治的各种措施。全书分上、下两篇。上篇包括:山洪概论,山洪的水力计算,山洪的水文计算;下篇包括:山洪的防洪工作,山洪的坡面治理措施,山洪的沟道治理措施。

本书可供从事山区建设的水利、农业、林业、水土保持、铁路公路勘测设计、厂矿基建设计等技术人员阅读,亦可供科研和教学人员参考。

山 洪 及 其 防 治

徐 在 庸

*

水利出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 10 $\frac{1}{2}$ 印张 232千字

1981年1月第一版 1981年1月北京第一次印刷

印数 0001—2920册 定价 1.10元

书号 15047·4098

序 言

我国是一个多山的国家。山区面积约占全国面积的三分之二，全国半数以上的县都有山区，从这个数字不难看出山区在我国社会主义建设中的重要性。

洪水灾害，自古以来就是对人类生产与生活的一大威胁。人类防洪历史更是由来已久，传说中的大禹治水故事距今已有四千多年。

山洪（即山区洪水），由于山区暴雨迅猛，坡陡流急，破坏力极其巨大；对于工矿企业、交通运输、农业生产、山区建设和山区人民生活都有很大的危害。

解放前，由于帝国主义和官僚地主阶级进行残酷的剥削，土地利用和生产方式不合理，对山区森林乱施砍伐，草地乱加放牧，无限制的开垦荒坡，以致造成极其严重的水土流失。在我国960万平方公里的国土上，水土流失面积达150万平方公里，接近国土面积的六分之一。例如，黄河流域总面积745100平方公里，其中水土流失面积占587000平方公里，占流域总面积的75%。

解放后，党和政府十分重视水土保持工作，山区水土保持工作取得很大成绩。例如，我国森林覆盖率由解放初期的5.2%，提高到现在的12%以上。

如果能够做到高标准的水土保持，即山区园林化、坡地梯田化、沟壑川台化、耕地水利化，做到泥沙不下坡、洪水不出沟、大雨不成灾、小雨保丰收，这时山洪的威胁自然就

基本上消除了。

但是，水土保持是一项长期工作，需要全面规划，连续治理多年，才能取得显著效果。水土保持工作所能抗御天灾的能力也是逐步提高的。因而就目前来说，防治山洪还是一项极其迫切的任务。

关于“水土保持”与“山洪防治”的关系与区别，详见本书第一章第一节。我国过去关于水土保持的文献不少，而专门针对山洪及其防治的书籍尚付阙如。许多山区工作人员迫切感到需要有关山洪防治的资料，为此，笔者将1959年以来搜集到的国内外有关山洪的资料，结合个人心得体会，编纂成本书，以应需要，为四个现代化做一点微薄的贡献。

本书分上、下两篇。上篇着重山洪的性质及其计算。下篇着重山洪的防治，其中包括防洪、预报及治理工作。

水文学是地域性很强的科学，而山区的地域特性变化甚大。因此，山洪防治必须特别强调因地、因时、因条件而制宜。

本书承水利部规划设计管理局刘善建付总工程师精心审阅，提出许多宝贵意见，铁道部科学研究院西南研究所胡玉山付所长、沈寿长、杨开俗、吴学鹏、黄文俊工程师等热情协助并提供资料，特此致谢。

本书编写于工余之暇，限于时间及笔者水平，错误缺点在所难免。尚祈国内外读者不吝赐教，俾再版时得以改正，是所企盼。

徐在庸

1979年8月于北京

目 录

序 言

上篇 山洪的性质与计算

第一章 概论	1
第一节 山洪概述	1
第二节 山洪的水文因素	9
第三节 山洪的地质与地貌因素	22
第四节 山洪的特点及分类	33
第五节 山洪的分布及其破坏作用	52
第二章 山洪的水力计算	60
第一节 紊流型山洪的流速计算	60
第二节 结构型山洪的流速计算	72
第三节 含沙特征的计算公式	79
第四节 山洪悬沙量计算	84
第五节 山洪底沙量计算	92
第三章 山洪的水文计算	99
第一节 山洪水文计算特点	99
第二节 山洪的水文观测	107
第三节 山洪的水文勘测与调查	117
第四节 山区暴雨计算	124
第五节 山洪洪峰流量及洪量的计算	130

下篇 山洪的防治

第四章 山洪的防洪措施	147
-------------------	-----

第一节	防洪的准备工作	147
第二节	加强养护管理	149
第三节	山洪预报	155
第四节	降雨天气预报的群众性方法	169
第五章	山洪的坡面治理措施	175
第一节	坡面治理的田间工程	175
第二节	坡面治理的农业技术措施	196
第三节	坡面治理的牧业技术措施	207
第四节	坡面治理的造林措施	213
第五节	坡面治理的水利工程措施	237
第六章	山洪的沟道治理措施	250
第一节	谷坊	250
第二节	淤地坝与沟壑土坝	275
第三节	沟头防护	300
第四节	护岸工程	306
第五节	沉沙槽	321
第六节	山洪渡槽	325

上篇 山洪的性质与计算

第一章 概 论

第一节 山 洪 概 述

山洪，就其字面意义来讲，是指山区发生的洪水。但是，由于山区条件与平原条件不同，山区本身的条件多种多样，地形条件复杂，山洪历时短暂，破坏力大，过去缺乏观测与研究等等，仅泛泛解释为“山区的洪水”，并不能充分说明其含意。为了对山洪进行调查研究，对山洪进行预报和防治，都需要对山洪的含义有更确切的了解。为此，分为以下几个问题：山区，山区河流，山洪的定义，山洪与泥石流，山洪防治与水土保持等五个问题分别进行讨论。

一、山区

我国地形的主要特征是：西高东低，梯级分布，地形多样，山区广大。按各种地形的分布百分率计，山地占33%，高原占26%，平原占12%，丘陵占10%，盆地占19%。

山区由山地、丘陵和崎岖的高原构成，山区面积约占全国面积的三分之二。全国半数以上的县都有山区。因此，可以说我国是一个多山的国家。

所谓山区，系与平原相对而言。山岳与平原是陆地地形中最主要的两种地形。它们都是以地质作用为主，由岩性、构造、水流冲蚀与堆积等条件控制，经过一系列的演变而形成的。

山岳地形与平原地形之间的主要差别有下列两点：

1) 山岳的突出特点是有一定的绝对高度(海拔标高)与相对高度。当然这种高度的划分是带有人为主观因素在内的, 至今世界上还没有一个公认和统一的划分标准。中国科学院地理研究所在1960年划分的标准, 是把绝对高度达500米以上划为山岳, 然后再根据绝对高度与相对高度又详细划分为若干类型, 见表1-1。

表 1-1 山岳的测高类型表

山 地 名 称		绝对高度 (米)	相对高度 (米)	坡 度	备 注
最 高 山		>5000		>25°	其界线大致与现代冰川和雪线相符
高 山	高 山		>1000		
	中 高 山	3500~5000	500~1000	>25°	
	低 高 山		200~500		
中 山	高 中 山		>1000		
	中 中 山	1000~3500	500~1000	10°~25°	
	低 中 山		200~500		
低 山	中 低 山	500~1000	500~1000	5°~10°	
	低 山		200~500		
丘 陵		<500	50~200		

注 1. 高山与中山的界线(3500米)主要考虑到剥蚀作用性质的差别, 在此线以上寒冻风化作用强烈, 因此形成陡峭的山坡及粗大堆积物。此外, 在我国西北地区, 此线也为森林上限。

2. 低山与中山的界线(1000米)主要考虑我国东部的山地多在1000米上下, 受强烈的流水作用, 强烈切割极为零乱破碎。

2) 山岳地形的另一个特点是具有明显的形态要素——山顶、山坡和山脚。

山顶是山岳地形的最高部分, 山顶呈长条状延伸者叫作

山脊。山顶按其形态分为尖顶山，圆顶山，平顶山。

山坡是山岳地形中最重要的组成部分。因为山坡分布面积最大，因此，山岳地形的改造演化，主要就是山坡地形的改造演化。

山坡按其形态可分为：直形坡、凸形坡、凹形坡、阶梯形坡。按其坡度大小又可分为：微坡($0^{\circ}\sim 15^{\circ}$)，缓坡($16^{\circ}\sim 30^{\circ}$)，陡坡($31^{\circ}\sim 70^{\circ}$)，垂直坡($>70^{\circ}$)。

山脚是山坡和周围平地的分界线。由于山岳地形大多是逐渐平缓过渡到周围平地的，这一分界线很难明确划分，故通常将这一过渡地带称之为山麓地带。在山麓地带一般都有较厚的松散沉积物覆盖，这些覆盖物来自山坡上的剥蚀作用。

二、山区河流

山区河流是与平原河流相对而言的。按前面对山区特点的分析，可知山区河流的相对高度大，坡度大，因而山区河流的第一个特点就是流速很大。

由于山区河流的流速大，水流冲刷能力因而增强。在地质条件不好的山区，水流挟带泥石流的能力增大，甚至可以挟带巨木大石，使其破坏力增大。因而山区河流的第二个特点是冲刷力大，破坏力大。

由于流速大，在山区河流上形成洪峰所需的集流时间短暂，洪水波的上涨和下落都比较陡。我国古人所谓“暴涨暴落山溪水”，就是这个意思。由于洪水历时短暂，观测也就极为困难。因而山区河流的第三个特点是洪水历时短暂，观测困难。

对于大河来说，从河源到河口一般可分为上游、中游、下游三段。上游多在山区，下游多在平原。

对于完全位于山区之内的小河或周期性流水的溪沟来说，其本身也可以分为上、中、下游三个组成部分。

溪沟的上游或集水区，形如宽广的漏斗，逐渐收缩到隘口。在这一区域的特点是水流有侵蚀作用，大都挟带泥沙。至于侵蚀的原因，则可以有多种多样，如雨水的冲蚀；流水对河道的向下与向侧侵蚀；由于坍方或滑坡，然后径流将泥沙运走等等。

溪沟的中游或运输区，是集水区与沉积区之间的过渡阶段，界限很难明确划分。在理想的情形下，这一区域内既不发生侵蚀，也不发生沉积现象。这一区域的特征是水流起运输泥沙的作用。粘土、粉砂及小云母片等则以悬浮形式运移；砂土、砾石等因重量较大，则以跳跃形式运移；巨大的漂石因重量过大，受重力和水流冲力以滚动的形式运移。

溪沟的下游或沉积区，常称为冲积锥，是底部靠着山坡，顶部靠近河床的平缓半锥形体，相当于平原河流河口处的三角洲。流水挟带的泥沙等物质，超过流水的挟带能力时，就有一部分泥沙等物质沉积下来。在沉积时，往往粗的先沉，细的后沉，这称为泥沙沉积的分选性。山区河流的分选性一般较平原河流为差。河流从山区流入山前地带时，沉积物为冲积洪积混合成因，具有分带性，即距山口近的颗粒较粗，距山口远的颗粒较细。

在本书中，我们的主要注意力用在山区小河和周期性流水的溪沟方面，而不是讨论所有的山区河流。

三、山洪的定义

根据对山洪现象的认识，我们采用这样的定义：山洪是山区河流的洪水，特别是指山区小河和周期性水流上的洪水。山洪的特点是：流速大，冲刷力大，破坏力大，暴涨暴

落，历时短暂。

下面我们对山洪这个现象再略加讨论。

洪水通常是指特大的径流或者河道中水位急剧上涨的现象。顾名思义，山洪就是指山区溪流中特大的径流或水位急剧上涨的现象。前面关于山区河流的特性就是山洪的特点。

山洪按其成因来分，在我国可分为：

- 1) 暴雨引起；
- 2) 融雪引起；
- 3) 冰川融化引起；
- 4) 湖或水库堤坝溃决引起；
- 5) 以上四种成因中某几种成因同时引起。

本书以讨论暴雨山洪为主。

对于山洪的讨论和研究，可以从不同的观点出发：

- 1) 从地球物理学的观点或者说从陆地水文学的观点，去研究山洪各要素的测验与计算；
- 2) 从地理学的观点或者说从水文地理学的观点，去研究山洪的地理分布及其变化；
- 3) 从工程、农业等观点，去研究山洪的防治，即研究山洪的兴利除害问题。

本书的重点，在上篇主要是从地球物理学的角度出发，在下篇主要是从工程、农业等防治山洪的角度出发。

四、山洪与泥石流

前面已经讨论过，山洪是一种特殊的洪水，发生在山区，具有一系列山区的特征。而在山洪中，又有一种特殊的山洪，叫做泥石流，顾名思义，其特点就是在洪水中含有大量的泥石物质。

但是，山洪与泥石流的定义显然并不是大家都意见一致

的。例如，水利出版社1958年出版的苏联 И·С·迪尔恩巴乌姆著的书，译名为《居民区山洪的防治》。按原文 “селевые потоки”，应该是指“泥石流”，而不是“山洪”，两者不应该混淆起来。

在这本书“绪论”中第一句话是：“山洪（泥石流）应该看作是几乎在一切的山区中都可能发生的一种通常的地质现象”。这种提法也是欠妥的。

山洪首先是洪水的一种，因而首先是一种水文现象，即强烈地面径流的过程。

当然，山洪现象与水文学以外的许多学科，如地质学、地貌学、气候学、土壤学、植物学等等都有密切关系，并受它们所制约。但是，山洪形成中最主要的和最活跃的因素，仍是水文因素。

诚然，地质变化过程决定流域的地形，构成流域的岩石性质，滑坡，坍塌等现象，为山洪所挟带的泥石准备好原料，对于山洪破坏力的大小，起着极其重要的影响。但是，决定山洪是否形成，或在什么时候形成，一般并不取决于地质变化过程，而是取决于水文变化过程。地质变化过程只决定山洪中挟带泥石多少的潜在可能性，并不决定山洪何时发生及其规模。因而，把山洪看作为一种地质现象是不恰当的。应该把山洪主要作为一种水文现象来研究，同时还应考虑其他因素，如地质、地貌、植被等对山洪的影响，这样才比较全面。

泥石流是一种特殊的山洪，其中含泥沙、石块等固体物质极多。我国不少山区都有泥石流现象，但各地群众对这种现象所用的名称则往往因地而异。例如，北京西山与太行山地区称为“龙扒”；承德山区称为“水炮（水泡）”；辽西

山地称为“山啸”，其挟带大石者称为“石洪”；川滇山区称为“走龙”或“走蛟”；西藏山区称为“冰川爆发”；西北山区称为“流泥、流石”，或“山洪急流”，其泥浆流有堵塞现象者，则称为“浆河”或“阵流”等等。

源自国外的，如苏联用“*селевые потоки*”或“*сели*”，英语用“*mud-streams*”，多译为“泥石流”或“泥流”；德语用“*Wildbach*”，直译为“野山洪”；日语用“土石流”或“山津波”等等。

泥石流是一种含有大量泥沙、石块等固体物质，突然爆发，历时短暂，来势凶猛，具有强大破坏力的特殊山洪。泥石流与普通山洪不同。泥石流爆发时山谷雷鸣，地面震动，浑浊的泥石流体，依仗着陡峻的山势，沿着峡谷深涧，前阻后拥，冲出山外，往往在顷刻之间给人们造成巨大的灾害。

在山洪中将“泥石流”专门分出来论述，这是因为其性质有很多不同，且破坏力很大。不仅有理论意义，而且有实用意义，因为需要根据泥石流的特性来进行计算、设计等。

泥石流的特点既然是挟带大量的泥石物质，那么把泥石流从普通山洪中区别开来的主要标志就是挟带泥石的数量与性质。

根据沙玉清教授的研究，依据水内含沙量 ρ （公斤/米³）的多少，概括地可以分作“浑水”和“泥浆”两个类型。

例如，含黄土的水，当含沙量 ρ 小于810公斤/米³时，即孔隙率大于0.7，其水力特性和清水基本上是相似的，仅在数量方面有差别，属于浑水。但当含沙量 ρ 超过810公斤/米³以后，其水力特征与清水相比，就有了质的变化，属于泥浆。如果含沙量再增高，达到1080公斤/米³，即孔隙率 $\varepsilon=0.6$ ，泥沙颗粒就失去了活性，成为半流态的淤泥。

我国大河的含沙量，一般均不超过810公斤/米³。例如，黄河陕县的年平均含沙量约为34公斤/米³，最大含沙量为590公斤/米³，均属于浑水范围。仅在个别情况下，例如发源于黄河中游西北部的某些河流，最大含沙量可达1500公斤/米³左右，才超过浑水限度。但在山区小河及周期性溪沟爆发山洪时，则出现泥浆的机会还是不小的。

根据中国科学院甘肃省冰川冻土沙漠研究所的研究，泥石流可分为稀性泥石流（又称紊流型泥石流）与粘性泥石流（又称结构型泥石流）两种。稀性泥石流的容重一般在1.3吨/米³以上，固体物质占10~40%。粘性泥石流的容重一般大于1.6吨/米³（泥流容重大于1.5吨/米³），最高可达2.24吨/米³。固体物质含量占40~60%，最高可达80%。

稀性泥石流或紊流型泥石流与普通山洪之间的差别不甚明显，有时很难区分。

但随着挟带土石物质数量的继续增加，数量变化终于引起性质的变化，所谓结构型泥石流或粘性泥石流，就不再能用水力学去进行研究了，而应该用“流变学（*rheology*）”的方法去进行研究，这时的粘性泥石流，也不再是液体，而是液体与固体之间的一种过渡性状态。

由于泥石流的性质迥异于普通山洪，且其破坏力巨大，因此，现在已有许多专著专门论述。本书也将泥石流作为一种特殊的山洪，进行介绍和讨论。

五、山洪防治与水土保持

水土保持学，是研究土壤侵蚀规律和防治水土流失，改良土壤、合理利用土地的一门自然科学。目的在于如何采用综合性的技术措施，有效地控制土壤侵蚀，从而达到保水、保肥、保土、提高土地生产力、减免水、旱、风、沙等自然

灾害，提高农业产量。水土保持工作必须贯彻以农业为基础，采取农、林、牧、水利等综合性的技术措施的防治原则。

山洪防治与水土保持有若干共同之点，但也有若干不同之点。

1) 水土保持工作不局限于山区，平原地区也有水土保持工作。例如，畦田就是平原地区水土保持工程的一项，并不属于山洪防治范围。

2) 水土保持包括水蚀与风蚀两大部分。其中水蚀部分与山洪防治中研究对象是一致的。风蚀地区主要分布在西北的新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西、内蒙古等省(区)沙漠地区，以及部分沿海和沿河沙区，与山洪防治没有多少关系。

3) 水土保持有保水防旱任务，山洪防治则主要研究对洪水的防御，对小水全无兴趣；水土保持不直接涉及防洪，山洪研究中防洪是一项重要课题。

4) 山洪从其性质来讲属于洪水，所涉及的水文学与水力学内容远多于“水土保持”，有关山洪沟道治理方面有时也超出水土保持的范围。例如，修建泥石流渡槽以使泥石流越过铁路的办法，显然不属于水土保持的范围。

5) 山洪防治涉及到工业厂矿、铁路、公路等行业，与水土保持以农业增产为主的性质也不相同。

第二节 山洪的水文因素

根据本章第一节所述，我们知道山洪成因中最重要的、最活跃的因素是水文因素——地面径流。在我国多数地区主要是因暴雨引起的强大地面径流。但在暴雨之外，还有其他若

干原因，也可能引起强大的山洪。如迅速融雪或冰川迅速融化，也可能形成山洪；如水体（湖泊或水库）溃决，也可能形成山洪；还有上述几种原因联合作用下而形成的山洪。

本书主要讨论暴雨山洪。下面对暴雨山洪的三个主要因素（暴雨、暴雨损失、暴雨集流）分别作一些扼要的讨论。

一、暴雨

暴雨是指短时间内强度很大的降雨。我国气象部门的现行规定是：1日降雨量在10毫米以内的称为小雨，10~25毫米的称为中雨，25~50毫米的称为大雨，50毫米以上的称为暴雨。对于历时短暂的降雨来说，凡1小时降雨量超过16毫米的，也称为暴雨。

我国气象部门现在将暴雨分为三个等级，即暴雨、大暴雨、特大暴雨三级。在12小时内降雨量为30.1~70.0毫米，或24小时内降雨量为50.1~100毫米者为暴雨；在12小时内降雨量为70.1~140.0毫米，或24小时内降雨量为100.1~200.0毫米者为大暴雨；在12小时内降雨量大于140毫米，或在24小时内降雨量大于200毫米者为特大暴雨。

我国降雨按其成因不同，一般可分为四类：气旋雨、台风雨、雷雨、地形雨。分述如下：

气旋雨，又称锋面雨，一般可分为冷锋与暖锋两种。两个性质不同的气团相遇时，相互交锋，产生气旋，从而生雨，因而得名。

我国南方纬度低，气候较热，靠近海洋，从海洋上蒸发的水汽随风登陆，这种气团又湿又热，称为湿热气团。我国北方纬度高，气候较冷，靠近西伯利亚，极地附近和西伯利亚的气团向我国移动，这种气团又干燥又冷，称为凉燥气团。两种气团相遇时，或是湿热气团爬在凉燥气团之上[见