

[苏]B.C.斯捷潘诺夫著

孟河清译 李 斌 校

泥石流与泥石流的 基本特性及其量测方法

科学技术文献出版社

重 庆 分 社

泥石流与泥石流体的基本特性 及其量测方法

〔苏〕B·C·斯捷潘诺夫 著

孟河清译 李 枫校

科学技术文献出版社重庆分社

泥石流与泥石流体的基本特性及 其量测方法

孟河清译 李 械校

科学技术文献出版社重庆分社 出 版

重庆市市中区胜利路132号

新华书店重庆发行所 发 行

科学技术文献出版社重庆分社印刷厂 印 刷

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 5.625 字数: 12万

1986年9月第一版

1986年9月第一次印刷

科技新书目: 131—291

印数: 2130

书号: 13176·149

定价: 1.20元

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

ТРУДЫ
КАЗАХСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-
ГО ИНСТИТУТА

ВЫПУСК 79

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ И СЕЛЕВОЙ
МАССЫ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Москва

Гидрометеоиздат

1982

内 容 提 要

本书着重论述量测泥石流与泥石流体特征值的理论,详细介绍了量测泥石流流速、流位、容重和流量等的各种方法(尤其是非接触量测方法),对量测泥石流体的粘度、塑性和分解等特性的方法也作了深入讨论,最后利用泥石流与泥石流体的特性,提出了计算泥石流过程的几种模式。在国内外泥石流流量测方面,该书还是第一本专著。

本书可供泥石流、泥砂工程、水土保持、采矿、环境保护等方面的研究人员、工程技术人员以及有关高等院校的师生和研究生参考。

译 序

泥石流是山区常见的一种突发性自然灾害现象。我国山地面积约占国土总面积的三分之二，是世界上泥石流灾害最为严重的国家之一。成昆、宝成等22条铁路线和川藏、甘川等21条公路线都遭受过泥石流的严重危害，农田、居民区、工矿企业和旅游点等受泥石流的危害则更为普遍。现在突出的问题是，泥石流防护措施远远落后于实际需要。主要原因是缺乏泥石流与泥石流体特征值的量测方法，无可靠的量测数据作为设计依据。国内外至今尚无泥石流防护措施的设计规范。

全苏水文气象及自然环境监测委员会哈萨克地区科学研究所自1970年以来，对泥石流与泥石流体的基本特性及其量测方法作了大量研究，B·C·斯捷潘诺夫编著的《泥石流与泥石流体的基本特性及其量测方法》一书，全面归纳和总结了该所在泥石流与泥石流体基本特性及其量测方法研究上所取得的成就，初步建立了泥石流流量测方面的理论和方法，在泥石流学科中填补了一项空白，他们的研究途径和手段值得我们借鉴，尤其是书中对泥石流塑性、分解特性和泥石流过程的计算图式等的论述，观点新颖，分析深透。对我国泥石流研究和防护工作一定会有所启迪。

泥石流学科还是一门年轻的边缘学科，许多专业术语尚未统一，译书中也基本上照原文直译。由于译者水平有限，译书中凡有不妥或错译之处，恳请赐教。

译书承蒙中国科学院成都地理研究所泥石流室李械主任

校阅和我所沈寿长副所长及谭炳炎主任提出宝贵的修改意见，在出版过程中，还得到我所王建宇所长、水工水文室领导和戴安灿等同志的热情关怀和大力支持，在此一一表示诚挚的谢意。

孟河清

1985年6月于铁道部西南铁科所

目 录

绪论	(1)
----	-----

第一编 泥石流特征值的量测 (6)

绪言	(6)
----	-----

第一章 泥石流流速的量测	(8)
--------------	-----

1.1 总则	(8)
--------	-----

1.2 多普勒方法	(10)
-----------	------

1.3 相关方法	(19)
----------	------

1.4 由照相、电影和电视摄影资料确定泥石流的运动学特征值	(22)
-------------------------------	------

第二章 泥石流流位的量测	(26)
--------------	------

2.1 总则	(26)
--------	------

2.2 无线电波方法	(27)
------------	------

2.3 根据照相、电影和电视摄影资料确定泥石流的流位	(31)
----------------------------	------

第三章 泥石流容重的量测	(33)
--------------	------

3.1 总则	(33)
--------	------

3.2 采样法	(43)
---------	------

3.3 根据泥石流留下的痕迹来确定它的容重	(43)
-----------------------	------

3.4 平衡方法	(47)
----------	------

3.5 非接触容重量测方法	(48)
---------------	------

第四章 泥石流流量的量测	(58)
--------------	------

4.1 总则	(58)
--------	------

4.2	根据泥石流流位、流速和容重数据确定流量·····	(59)
4.3	地震法测量泥石流流量·····	(60)
4.4	地震式泥石流警报器·····	(66)

第二编 泥石流流体特征值的量测 (76)

绪言·····	(76)
---------	------

第五章 泥石流流体的粘度·····	(82)
-------------------	------

5.1 总则·····	(82)
-------------	------

5.2 悬浮体的粘度·····	(84)
-----------------	------

5.3 用试验测定泥石流流体的粘度·····	(88)
------------------------	------

第六章 泥石流流体的塑性·····	(101)
-------------------	-------

6.1 总则·····	(101)
-------------	-------

6.2 试验测定泥石流流体的静切力·····	(102)
------------------------	-------

第三编 泥石流过程及其模型 (108)

绪言·····	(108)
---------	-------

第七章 泥石流流体的分解·····	(109)
-------------------	-------

7.1 总则·····	(109)
-------------	-------

7.2 试验测定泥石流流体的分解速度·····	(116)
-------------------------	-------

7.3 把泥石流流体固体部分维持在悬浮状态所需要的 能量·····	(122)
--------------------------------------	-------

第八章 泥石流流体中固体物质的饱和·····	(124)
------------------------	-------

8.1 泥石流容重间歇性变化现象·····	(124)
-----------------------	-------

8.2 泥石流流体的侵蚀能力·····	(139)
---------------------	-------

8.3 潜在泥石流流体的抗侵蚀稳定性·····	(141)
-------------------------	-------

第九章 在计算图式中泥石流特征的应用	(144)
9.1 泥石流体的流变模型.....	(144)
9.2 内摩擦和泥石流过程.....	(151)
9.3 泥石流过程的计算图式.....	(159)
附：参考文献目录	(162)

绪 论

完成苏共廿五大拟定的大力发展国家经济的大纲，关系到新土地的开发，其中包括开发山区和山前区。在此条件下，解决好保护国民经济建设免受泥石流的危害，就有特殊的实用意义。尽管由于科技人员的努力已使泥石流研究取得了一定的成就，但是，目前在泥石流防护建筑物的设计、施工和管理方面还难以提出一系列有科学依据的标准文件。之所以造成这种情况，首先是因为，缺乏各种天然条件下泥石流形成、运动、泥石流与天然障碍物及工程建筑物的相互作用、泥石流沉积实际的天然资料和实验资料。其次是对泥石流和泥石流体的物理特性研究得不够，阻碍了计算和预报泥石流现象的方法和防止手段的拟定。因此，设计和科学研究机构的专家们往往不得已，而采用经验参数和经验公式，所以泥石流防护建筑物的效果是很小的。

泥石流特征值资料的数量较少，且来源分散，又不相一致，更主要的是，所得资料实际上没有误差值方面的数据。1978年在塔什干召开的全苏第十五届泥石流会议上，全苏土壤改良和水利部代部长Б·Г·什杰贝指出了这一点，他说“…不得不遗憾地指出，过了四年之后的今天，因未研究出公认的泥石流数学模型，所以还是没有公认的泥石流现象的物理概念…”。泥石流科学落后于目前的实际要求，原因之一是，还在不久以前，研究泥石流的力量和手段都放松了，投入的力量不大，又很分散。实际上完全缺乏专用材料的加工基地，使得情况更加恶化，首先就影响到泥石流与泥石流体特征值

的量测手段。

在苏联, 1964年M.C. 加戈希泽开始提出研究泥石流流体的物理力学性质。他确认: “...结构型泥石流流体及其泥浆体的物理力学性质包括颗粒组成、容重、水的百分比含量、剪切力(粘聚力)、支承力、天然坡角、扩散角和内摩擦角等等” [18]。在M.C. 加戈希泽的领导下, B.H. 捷夫扎泽、З.С. 约尔丹尼什维利、Д.К. 普鲁伊泽和Б.Л. 卡拉泽等人进一步取得了成果。

实际上, 在格鲁吉亚的研究人员进行研究的同时, С.М. 福列什曼也在着手研究泥石流流体(1950年), 他对粘土质泥浆体特别注意[58]。

Г.М. 别鲁恰什维利和他的同事们, 对确定泥石流流体样品的物理力学性质作了大量的工作[3]。

在此期间, 对设计量测泥石流特征值的仪器也作了不少尝试。И.П. 斯米尔诺夫[43, 44]、M.C. 加戈希泽[17]、Г.К. 辛尼亚夫斯基[42]、和А.Б. 德米特伊耶夫[23]等人提出过水位和流速量测的各种接触式仪器, 以及机械式取样器。

1968年全苏水文气象及自然环境监测委员会在哈萨克科学研究所成立一个相当大的泥石流分会后, 才开始了研究现代化量测方法质变的新阶段。1968~1980年, 在Б.С. 斯捷潘诺夫领导下, 研制了一套专门的泥石流流量测仪器。制造这套仪器时, 采用了无线电物理和电子技术的最新成就。专业设计处的同事们对这套仪器的研制作出了很大的贡献, 他们是: В.А. 克拉休科夫、П.И. 科瓦连科、В.П. 波波夫和В.М. 西勒列尔。哈萨克科学研究所Т.С. 斯捷潘诺娃, Л.Н. 加夫里申娜、А.Г. 舍科勒金、Н.М. 涅斯捷金和А.Х. 海达罗夫等人制定了量测方法, 设计并制造了量测装置。

全苏水文气象及自然环境监测委员会哈萨克地区科学研究所和Ю·Б·维诺格拉多夫*领导的专业设计处投入力量,在切莫尔甘建立了人工泥石流试验场,在此所作的人工泥石流试验对泥石流流量测的确立起了重要的作用。

泥石流流量测是泥石流学科的一个组成部分,泥石流学科是由水文学、冰川学、工程地质学、地貌学、水文气象学以及连续介质力学形成的边缘学科。

泥石流流量测(图1)包括泥石流与泥石流体特征值的量测方法,借助于现有方法和技术手段,可以得到它们的特征值。技术手段受制于非常大的固体颗粒引起的泥石流体的特殊性,或者是由于以往没有量测过这样的特征值。

测定泥石流特征值现代方法的特点是,流体与量测装置

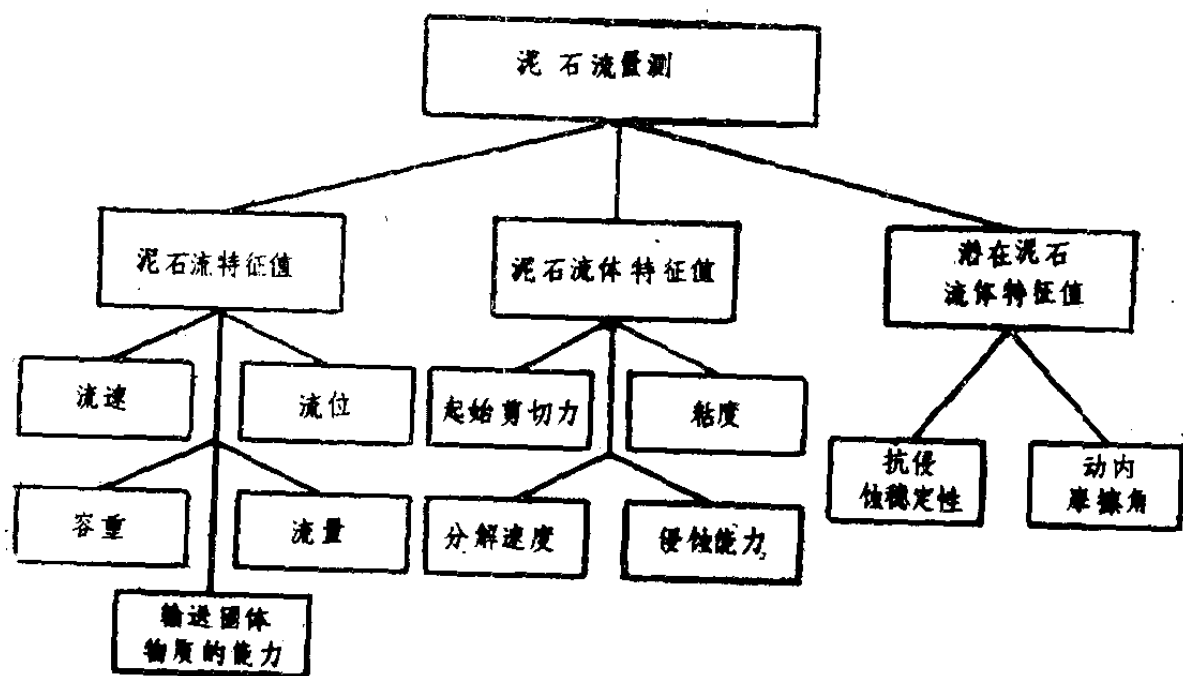


图1 研究泥石流流量测的项目

注:* Ю·Б·维诺格拉多夫原在哈萨克水文气象研究所工作,现任全苏泥石流委员会主席——译者。

的传感器之间无机械接触。因为在切莫尔甘场地上的试验已证明：各种与泥石流接触的装置，当泥石流流量超过十多个立方米秒时，在长达10~15分钟的试验过程中，仪器正常运行的可能性很小。

哈萨克地区科学研究所在泥石流流量测方面取得的成就，在很大程度上与维诺格拉多夫有关，他深刻地认识到：在了解泥石流形成的本质以及在作许多努力创建和完善泥石流实验室的过程中，取得客观资料是非常重要的。

笔者对在研究过程中提出过宝贵意见和帮助的上述所有同志表示衷心感谢。

促使笔者写这本书的原因是，在苏联和其他国家的文献中，量测泥石流与泥石流体特征值的系统化知识都很贫乏。笔者写这本书，与其说是为了概括现有的资料，还不如说是要创立量测各种特征值的方法。书中介绍了量测泥石流与泥石流体主要（按笔者意见）特征值的理论、方法和工艺，没有这些，就不能可靠地描述泥石流过程。笔者认为，重要的是在所得特征值综合一起情况下必须举例说明如何加以使用。这一切必定有利于在实践和教学以及进行科学研究工作中使用所介绍的研究结果。

因篇幅有限，笔者并不奢望彻底说明所有问题，实质上还处于成长阶段的泥石流流量测的知识相对来说是有限的，这也是不能彻底说明所有问题的部分原因。

然而，笔者向需要解决泥石流学科任务的广大读者介绍泥石流与泥石流体的基本物理特性及其量测方法，是希望有助于他们深入研究各种特性对每一过程的影响，从而在计算泥石流参数、预测泥石流过程的发展、设计泥石流防治措施和进行科学研究工作时，更准确地考虑泥石流体的性质。

作者对本书在准备付印过程中给以**很大帮助**的编辑、地理学副博士**B.Π.莫恰洛夫**和**T.Л.基连斯基**，表示感谢。

欢迎对本书多提意见！

第一编 泥石流特征值的量测

绪 言

从十九世纪末到二十世纪初, 因为有泥石流现象的地区, 远离科学中心, 所以作为研究泥石流创始者的И.В. 木什克托夫、К.И. 鲍格丹诺维奇、П. 杰蒙采、С.Ю. 劳涅勒、Н.Н. 佩利佐夫和什齐尼等人从事研究泥石流的活动, 是与旅行相结合的〔18〕。上述大多数学者研究泥石流仅是他们多方面科学活动中的一项, 但是当时发表的对泥石流现象所作的独特描述, 至今仍然都表现出其远见和勇气。

二十世纪前半叶的著作, 没有使泥石流的形成、运动和停积特性方面的知识水平发生任何实质性的变化。只是在1945年以后, 才大大加强对泥石流问题的注意力。研究泥石流形成的一般性问题的人有: М.А. 维利干诺夫、И.И. 赫尔赫乌利泽、П.С. 涅波罗日尼、И.Г. 叶西曼、В.Н. 冈恰诺夫、Н.С. 久尔恩鲍姆、Д.Л. 索科洛夫斯基、И.В. 鲍戈柳鲍夫、С.М. 福列什曼和М.С. 加戈希泽等人。С.М. 福列什曼、М.С. 加戈希泽和Г.М. 别鲁恰什维利十分注重泥石流体的性质和泥石流运动学的研究。在别鲁恰什维利的领导下, 对杜鲁德河地区泥石流的特性作了大量的研究工作。

当时, 缺乏泥石流与泥石流体特性方面的实际可靠资料, 于是形成这样一种局面, 当任何一种情况与被广泛接受的资料不相同, 就长时间地遭到反对和受到不应该的批判, 而被广泛接受的资料恰恰又是在有限的定性条件下形成的。

例如Г.В.伊凡诺夫得到了水流与松散岩块相互作用下形成泥石流体的有益结论，但是，因为没有量测仪器，他不可能取得这种现象的定量资料，也就不可能证明其见解的合理性。到六十年代，完全形成了这样一种概念，而且一直占据着统治地位，即由于泥石流体中固体部分的紊动悬浮而排除了可能形成高容重（大于2000公斤/米³）的泥石流。

分析了哈萨克地区科学研究所切莫尔甘场地进行实验所得的定量资料以后，才证明了伊凡诺夫提出的运动情况的合理性。

评定泥石流参数时，主观主义竟产生了如此久远的影响，可以根据杜鲁德河流域考查泥石流运动特征的结果来窥见一斑。

别鲁恰什维利等人在《研究泥石流的成果》^[3]一文中指出：“必须强调指出，无论是在高加索的杜鲁德河流域，还是在外伊犁阿拉套山脉，我们都未发现具有结构状态（即以准固体运动的形式）的泥石流（泥石型和泥流型）的运动状态，而到处都有过分潮湿的土体以局部流速呈层流分布的流动。”这些资料是比较流体表面流速和平均流速（流体头部的移动速度）后得出的，表面流速用浮标法量测。

加戈希泽在《泥石流现象及其防治》一书[18]中说：“结构型泥石流运动类似于在陡坡上滑动的可塑准固体，运动时内部没有任何移动，只有当它碰到大至不能克服的障碍物时内部才有移动。”，其证据是，“泥石流能把大钢琴搬运3公里而不损坏它，泥石流把动物尸体搬运3~5公里，而没有毁坏尸体…”。

所举的例子说明有关泥石流真实特性的可靠资料是何等的重要。的确，流体运动的表面流速和平均流速的资料足以