

科学回顾

# 回顾“泥石流”科学研究的开创与科学普及

## Review of Creating a Scientific Research of Debris Flow and Its Science Popularization

施雅风<sup>1, 2</sup>

(1. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国科学院 南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008)

顾:(顾人和, 中国科学院南京地理与湖泊研究所副研究员, 人文地理学家)“冰川爆发”是怎么会事, 你是怎样把它变成“冰川泥石流”研究的?

施:(施雅风, 中国科学院资深院士, 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所名誉所长, 中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员)1963年秋, 我偕杜榕桓助理研究员到达拉萨, 西藏自治区政府交通处徐总工程师迅即会我, 严肃提出以前没有听说过的川藏公路有几处“冰川爆发”, 它断道阻车, 危害严重, 你们是研究冰川的, 能否前往看看, 想点办法. 我也想看看藏东南冰川, 特别是“冰川爆发”的奇特现象, 当即约定杨宗辉工程师陪同往. 次日傍晚到波密县城住下, 又在次日晨, 带上吃的, 折返“冰川爆发”的古乡沟口, 先约道班工人座谈. 同时初步观测, 谷口那片石海, 是谷口的堆积扇, 扇宽1.5~3.5公里, 长2公里, 束狭了从东往西的波斗藏布江, 形成了一个湖泊. 冲积扇石块累累, 测量一块最大的花岗片麻岩巨石, 长20米, 厚8米, 计算其体积达1500立方米, 重84000吨. 一块较小的体积364立方米, 重约这940吨, 我们很不易想象, 多大的推力能把这样重的石头, 推那么远.

顾:您个人是最终怎样确定和认识这个难题的?

施:工作非常艰苦, 我于希夏邦马峰考察结束, 偕季子修同志到古乡冰川营地停留了两星期, 这时营地人才汇集, 兵强马壮. 机会凑巧, 由杜榕桓任队长, 杨宗辉任政治指导员, 住在营地的时间, 二次观测到泥石流通过峡谷口外冲积到扇形地情况. 一次是结构性(或称黏性)泥石流, 在隆隆声中, 从峡口流出是前后相接石块平卧在粘厚的泥浆上, 迅速下流了相当距离, 转为紊流型处, 出现不大的龙头堆积. 泥石流的流速不能用流速仪观测, 只能抛掷浮标, 测定其流距和时间. 1964年, 古乡沟的泥石流频繁发生, 考察队记录到的5月至9月发生了82次之多, 其中最大的一次延续了63小时, 冲出的物质达300万立方米. 这年的泥石流都是顺着原有槽谷下流, 我们都站在槽谷岸边观察, 不害怕泥石流会涌上岸来冲击人体, 但只能看到已经形成的流动着的泥石流, 不了解泥石流具体形成过程. 于是我由队上一位有经验的同志陪同, 携带着干粮, 吃力地攀越前述峡口东面相对高一千多米的山脊, 进入峡口上瓢状小盆地, 进到了

古冰川与雪崩堆积区, 再逆着陡峻的斜坡, 艰难地往上爬. 有几步是陪同我的青年同志伸出冰镐平插在陡坡上, 让我有适当的踏脚, 攀登上去的, 到达海拔4000米左右, 就登上现代冰川的冰舌了. 这里冰川消融非常强烈, 冰融水量丰富, 有一个简陋的营地, 两位同志在工作, 他们观测到冰川冰温度在-1℃左右, 是典型的海洋性冰川. 他们也观测冰川消融深度, 估算融水量, 从高处四望, 看到瓢状小盆地上首悬崖陡壁上, 挂着六条小冰川, 这里不时降雪下雨, 因之冰崩与雪崩作用盛行. 小盆地中堆积着深厚的由冰川和雪崩带来的松散石块、沙泥物质, 水流冲刷这些堆积物形成冲沟深度估计达100米以上. 流水迅急, 沟壁不时出现崩坍, 我们当天下午顺沟下行, 站在沟壁旁, 就看到一次大崩坍, 大量泥沙、石块崩入沟中, 与湍急下流的融水搅拌, 深沟一度被阻塞, 接着就出现了泥浆石块搅拌的泥石流流体. 我有幸在这次登山活动中亲眼目睹了冰川泥石流的形成, 看到了“冰川爆发”的真相. 经过夏季整整一个季度工作, 考察队报告指出古乡泥石流流域面积20平方公里, 源头最高峰与谷底高差约3000米, 小盆地底部面积约2平方公里, 积聚了约4亿立方米的松散堆积物, 厚度达200米左右, 汇流的冰川融水和雨水年达3000万立方米左右. 那么多的松散堆积物和水流, 在陡峻的地形上发育急流深沟, 并使沟壁崩坍频繁发生就导致了如前述的那么强烈的泥石流与严重的灾害.

顾:彩色电影《泥石流》对泥石流知识的普及起了很大作用, 大大促进了对泥石流的研究和预防, 您能讲讲电影摄制的情况吗?

施:在古乡沟看到的泥石流浮托密集石块流动和其上游深沟中崩坍物质与冰川融水急流搅拌形成泥石流的情景深深地印在我的脑海中, 我想这种动态用一般照相机摄影表达不出来, 必须找专人摄制电影. 这年秋天, 我在兰州接待两位国家科学技术委员会七局(主管地学研究)来的同志, 向他们汇报了泥石流研究的进展, 并陪同他们去兰州西固看新发生的, 从黄土沟冲出的泥流毁坏化工厂一栋宿舍的情景, 提出请科委安排一家电影制片厂摄制泥石流专题影片. 两位同志一位是负责的处长, 深为同情, 满口答应安排. 不久七局来函, 说已征得上海科教片厂同意, 于1965

年派殷宏同志为首的摄制组到西藏古乡泥石流现场摄制影片。我和泥石流队的同志听了十分高兴。

1965年泥石流队扩大观测内容，古乡泥石流沟以外，也对波密地区其他影响川藏公路交通的泥石流沟进行考察取得了许多资料。殷宏同志率领的电影摄制组守在古乡沟拍电影，可那年的古乡沟一反常态，守了相当一段时间，一直见不上泥石流。怎么办呢？殷宏同志是不怕艰苦、毅力坚强、能够冒险犯难的勇士，他决定在冰川融水深沟岸人工爆破，制造崩塌，与冰川融水径流搅拌，制造泥石流，这个冒险的尝试，一炮成功。摄影机在上下游等着，摄到了丰富的泥石流景观。我和杜榕桓都被聘为泥石流片的顾问。殷宏同志带着全部彩色样片到兰州来放映，商量泥石流片作为科教片的详细内容和文字表述。商定泥石流除表达古乡沟泥石流的形成和结构型与紊流型两种流态外，还必须增加绘制图件，说明泥石流形成的三个基本条件，即地形陡峻，上游有大量松散堆积物和丰富的水源。并在科教片中讲述已知的泥石流在中国的分布与灾害和可能的预防治理措施。在兰州向竺可桢副院长汇报时，竺非常赏识这部影片，表扬说这项工作做得好，对山区建设和人民生命财产安全都有现实意义，为地理学开拓了新研究领域。殷宏同志在杜榕桓同志帮助下，仔细修正了样片，又带到北京，请多位地质学家包括地质部长兼中国科学院副院长李四光观看审定。最后定稿的《泥石流》彩色影片，科学意义充实，语言鲜明生动，放映后普遍受到热烈欢迎。从此，《泥石流》这一专门名词家喻户晓，为全国所普遍了解，大大促进了泥石流研究与预防工作的开展，在欧洲一个国际会议展出获得金奖。相反，1964—1965年古乡沟与川藏公路泥石流的考察报告，由于“文化大革命”的干扰，直到1984年底才出版问世，知者反而不多。

顾：您于1966年又被任命西南泥石流考察队长，主要是调查“三线”建设中涉及的泥石流灾害，提出防治措施，您是如何执行的？

施：1966年初，毛泽东提出“备战备荒为人民”基本国策，把国际形势看得很严重，为了备战，大搞三线基本建设。当时国家在西南、西北靠山，隐蔽地区选址，建立一大批工厂，新建中的成（都）昆（明）铁路亦加紧施工。大家知道，西南崇山峻岭、降水丰沛、有大量滑坡与泥石流灾害。1966年初中国科学院决定组建临时性的西南山崩泥石流考察队，解决三线建设中碰到的泥石流问题，任命我为队长，杜榕桓和唐邦兴（科学院西南地理研究室）为副队长，考察队员主要由冰川冻土沙漠研究所（1965年合并组建）与西南地理研究室派出。我们于1966年5月中旬出发，6月初到达成昆铁路指挥部所在地西昌，领受第一个任务，即调查西昌与泸沽间约40公里间泥石流对铁路线的可能危害，提出治理意见。

这时成昆铁路已经施工，但西昌—泸沽段线路还没有确定下来。这段线路走在安宁河东岸，已知安宁河东岸有多条支流河发生过泥石流。就在我们到达前不久的5月26日，

西昌城旁的东河发生了滑坡堵坝，堵坝决口形成的粘性泥石流流程1~2公里，而稀性泥石流和洪水流行17公里，直达西昌城下，当然惊动了筑路指挥部。历史上1893年东河大洪水曾冲毁西昌五条街，淹死1000多人。这时有人建议铁路线应改道到安宁河西岸，完全避开东岸泥石流的危害。但是这样改道，要增修跨越安宁河二座大桥，在战争时易遭轰炸，于战备不利，而线路走在东岸则有泥石流洪水风险，出现上（靠山）、中、下（多占农田）三种方案。究竟以何种为好，指挥部领导同志说，这要看你们对泥石流的调查结果，在他们看了我们带的《泥石流》电影后，指挥部领导便说：“你们见识过泥石流大场面，将来定线以你们意见为准”。

我们花了半个月时间，在筑路指挥部派的工程师陪同下，紧张地勘察产生过泥石流灾害羲农河、黑沙河、热水河、蒋家河、大塘河等河流上下游情况，搜集了当地地震与暴雨记录，访问了当地阅历多的长者，考察队集体得到下述认识：西昌附近泥石流大多是近一二百年森林植被遭到严重破坏后发展起来的，泥石流形成区地质构造复杂，断层和节理发育，有大量结构松散的粘土质地层，在相对高差二、三百米，坡度三、四十度的坡面上，冲沟、滑坡、崩塌大量发展，个别滑坡一次滑下数万至数十万立方米物质，是泥石流的主要补给源。目前各沟内正在活动的滑坡、塌方面积占流域面积20%左右。西昌是强烈的地震区，历史上曾出现过1850年10度地震，气象站有日降雨199.5毫米的暴雨记录。夏季半年降水1000~1300毫米以上，地震和多雨都是促使滑坡、崩塌的因素滑坡崩塌物质与暴雨径流搅拌更直接产生泥石流，可搬动1~2米大石块。泥石流发育河道，从中游就开始淤积，谷口冲积区上部淤积迅速，下部浅薄。如羲农河泥石流堆积速度在扇顶部为40米/80年，下至公路桥为6米/50年，再下行0.5公里为3米/50年。河道淤积后容易改道，如黑沙河堆积扇上有七条流水河床，对过河桥梁设置要密切注意河道的淤积与改道的可能性。

根据上述对西昌地区泥石流的规律性认识，我们报告铁路指挥部，几条河的泥石流虽然会对安宁河东岸线路带来一定麻烦和风险，主要是洪水和稀性泥石流灾害，但不是很严重的，铁路设计部门已做的定线设计，逢沟设桥，留足净空和跨度，有相当安全考虑，因此，完全不考虑改线西岸方案。在东岸定测线路中，我们建议：蒋家河线路所经河床30年淤高2.4米会减少过河桥梁使用年限，建议桥位应适应下移，净空留足8米，并加固两岸直至山口防护堤；白沙河泥石流方兴未艾，淤积很快，这里铁路桥位应适当下移；黑沙河月华故道桥原设计七孔16米桥改为三孔至多五孔的16米桥，安全仍有充分保证；铁路通过的低洼处没有明显流水沟地段路基为防备河流改道、漫流和积水，应增加涵洞、护坡等排水和保护路基措施。以上意见报给指挥部，指挥部完全接受，修改了原设计。多年来实践证明，我们的估计是符合实际的，西昌至泸沽间铁路没有受到泥石流的损害。考虑到泥石流灾害防治研究在成都地理所发展比在兰州



图 1 1983 年考察云南东川泥石流(左一唐邦兴, 左二杜榕桓, 左三施雅风)

冰川冻土研究所发展更为有利, 我时任冰川冻土研究所所长, 宣布在自愿基础上, 报中国科学院同意, 将研究泥石流的多数人迁到成都地理所, 但是我一直非常关注泥石流研究的发展(图 1)。

顾: 2010 年甘肃舟曲出现特大山洪泥石流灾害你有何感受?

施: 我在电视新闻中从成都山地所山地与地表过程重点实验室主任崔鹏教授处得知舟曲特大山洪泥石流巨灾。舟曲县所在白龙江上游是我国四大滑坡泥石流发育区之一, 我也于“文革动乱”时下放到这里一段时间, 知道很多地方有泥石流灾害, 崔鹏作为泥石流专家, 详细地分析了舟曲泥石流灾害的成因。舟曲县城座落于三眼峪沟和罗家峪沟古泥石流堆积扇上; 经常遭受泥石流的危害。三眼峪沟自 1823 年至今, 先后发生 12 次较大规模泥石流, 对县城造成多次危害。本次特大灾害是由于构造和地震活动产生的松散固体物质堆积在陡坡和狭窄的沟道中, 在局地强暴雨的水动

力作用下起动力, 沿程冲刷堵塞, 逐级增大, 发展成特大泥石流灾害。本次灾害为历史上最大的一次灾害事件, 属暴雨型水力类泥石流, 容重为每方 2.0 吨, 出口流速每秒 9.9 米, 洪峰流量约每秒 1 500 立方米, 总径流量约 200 万立方米。

舟曲灾害发生后, 我感到随着全球变暖, 灾害发生的频率和危害程度都大大增长, 灾害成因研究应加强。我国有灾害性泥石流 11 000 多条, 150 余县城、镇坐落在古洪积扇上, 乡镇级更多达 1 000 余处, 70% 的公路、铁路受泥石流危害。本世纪以来, 泥石流灾害更是频频爆发, 给人民生命和财产带来巨大损失, 必须针对上述实际情况, 制定切实防治措施。其次, 加快泥石流科学研究人才培养, 崔鹏教授是成都山地与地表过程重点实验室主任和云南东川泥石流观测国家站长, 7 月还应邀为巴基斯坦喀喇昆仑公路 Atabad 滑坡堰塞湖编制应急处置方案。我们国家需要更多的泥石流研究人才, 发挥更大作用。

(2010 年 11 月 1 日采访)