

ONE HUNDRED STORIES OF  
SCIENTIFIC RESEARCHES

100↑

# 科研故事

- 发现问题
- 认识问题
- 解决问题

张信宝 著

四川科学技术出版社

014040311

P5-49  
04

ONE HUNDRED STORIES OF  
SCIENTIFIC RESEARCHES

100↑

科研故事

- 发现问题
- 认识问题
- 解决问题



张信宝 著



北航

C1727563

四川科学技术出版社

p5-49  
OK

图书在版编目(CIP)数据

100个科研故事:发现问题,认识问题,解决问题/张信宝  
著. - 成都:四川科学技术出版社,2014.3

ISBN 978-7-5364-7839-8

I. ①1… II. ①张… III. ①地质学-普及读物 IV.  
①P5-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第031555号

## 100个科研故事

——发现问题,认识问题,解决问题

出品人 钱丹凝  
编 著 张信宝  
责任编辑 任维丽  
封面设计 张维颖  
版面设计 秦保芳  
责任出版 周红君  
出版发行 四川科学技术出版社  
成都市三洞桥路12号 邮政编码610031  
官方微博:<http://e.weibo.com/sckjchs>  
官方微信公众号:sckjchs  
传真:028-87734039

成品尺寸 148mm × 210mm  
印张 6.375 字数 160千

印 刷 郫县犀浦印刷厂  
版 次 2014年3月第一版  
印 次 2014年3月第一次印刷  
定 价 16.00元

ISBN 978-7-5364-7839-8

■ 版权所有·翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

■ 如需购本书,请与本社邮购组联系。

地址/成都市三洞桥路12号 电话/(028)87734035 邮政编码/610031

## 内容简介

本书是作者从事山地灾害、山地生态环境和水土保持研究 40 余年的历史回顾,以 103 个科研故事这种独特的形式展现在读者面前。

作者以亲身的践行,阐明了如何在滑坡、土流、泥石流,核示踪与侵蚀泥沙,水土保持与生态修复,西南喀斯特和地貌演化的科研工作中敏锐地发现问题,深刻地认识问题,切合实际地解决问题的全过程。通过这些故事发生的环境背景和作者大学毕业后的人生经历,让读者对共和国的过去和他们这一代知识分子有更深刻的了解。

## 作者简介

张信宝,男,1946年1月出生于江苏省镇江市,1967年毕业于南京大学地质系,中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所研究员,博士生导师,所长科学顾问,四川省学术与技术带头人,1992年起享受国务院津贴。曾任研究室主任。长期从事山地灾害、山地生态环境和水土保持研究,先后主持国家“七五”“八五”“九五”科技攻关项目,长江水利委员会“九五”攻关项目,国家自然科学基金和国际原子能委员会项目等重大科研项目10余项。尤其是在运用 $^{137}\text{Cs}$ 示踪法测定土壤侵蚀速率与泥沙来源、生态环境恢复等方面取得了突出成绩,在国内外享有较高声誉,2007年至2009年曾当选为国际大陆侵蚀委员会副主席。

主编与合编专著4部,发表科研论文100余篇,其中SCI收录论文20余篇,获省部级科技进步奖5项,获发明专利2项。

## 自序

我2011年退休,回首40余年的科研工作,“东洋西洋,执着中华;黄土红土,潇洒人生”。涉足的地域广:黄土高原,青藏高原,云贵高原,横断山地,干热河谷,四川盆地,三峡库区;领域宽:滑坡泥石流,核示踪,土壤侵蚀,河流泥沙,地貌演化,喀斯特,生态环境和水土保持等。除1983—1986年期间在新西兰森林研究所从事土流研究外,后来还行游了五大洲的20余个国家和地区。如老所长吴积善研究员所云,“你是猴子扳苞谷,扳一个,丢一个,成不了大器”;当然,他也说过,“你干一行,像一行”。如一些年轻的朋友所云,我是一个“科研侠客”,不谙世事,过于潇洒,没有想到过要成“大器”,未能专注于一个领域,成为“大家”。除20世纪90年代初的《大盈江流域泥石流》一书外,后来也没有独著过其他专著。

2010年在移居美国的外甥女处小住了几天,和她谈及了我退休后的余生。她说,“您何不将几十年的科研工作,用故事的形式写出来?这样做,有益于后人,也是一件趣事”。回国后,我和我的一些朋友聊过此事,他们都一致赞成并极力鼓动。退下来,静心回味自己几十年来的科研历程,把一个个科研故事记录下来,也未尝不是一件乐事。2011年春节休假期间,开始动笔,本打算当年完稿出版,但刚刚退休,红尘未了,一些凡事无法脱身,无暇顾及写书,未能如愿完稿。虽然“凡事”不断,但“故事”不能再拖,2012年终于完成初稿。2013年5月修改脱稿。其中部分内容曾应邀到一些科研院所和高等院校作专题报告,受到热烈欢迎与好评。

本书由滑坡土流泥石流、核示踪与侵蚀泥沙、水土保持与生态修复、西南喀斯特和地貌演化五部分组成,共 103 个故事,其中有成功的经验,也有失败的教训。每一个故事 500 ~ 1 500 字,长短不一,旨在阐明“发现问题,认识问题和解决问题”的过程,以期启迪大学生、研究生和青年学者的思维。我是“无悔的一代”中的一员,伴随着共和国的每一步脚印,度过了我的丰茂年华。通过这些故事发生的环境背景和我大学毕业后的人生经历,读者也许对共和国的过去和我们这一代知识分子有更深刻的了解。

本书初稿完成后,秦保芳高级工程师对全书进行了编辑和修改,胡云华博士编绘所有图件,周萍副研究员对修改稿进行了数次输录和打印。值此本书付梓之际,特向为本书付出辛勤劳动的同志表示衷心的感谢。



# 目 录

一、滑坡 土流 泥石流 .....	1
(一)古滑坡古泥石流 .....	1
(二)泥石流 .....	11
(三)新西兰土流 .....	33
(四)其他 .....	42
二、核示踪与侵蚀泥沙 .....	48
(一)核示踪技术的基础研究 .....	48
(二)黄土高原 .....	71
(三)长江上游 .....	84
(四)其他 .....	98
三、水土保持与生态修复 .....	100
(一)土壤水分与植被修复 .....	100
(二)坡耕地治理 .....	114
(三)综合性问题 .....	124
四、西南喀斯特 .....	134
五、地貌演化 .....	164
六、其他 .....	188



## 一、滑坡 土流 泥石流

### (一) 古滑坡古泥石流

#### 1. 站错队,被分配到大西南搞泥石流

从小学到中学,我一直是一个“落后”生,没有戴过红领巾,也没有打过加入共产主义青年团的报告,但受“精忠报国”“天下兴亡,匹夫有责”等传统文化的影响,爱国的观念还是蛮强的。20世纪60年代,中苏关系破裂。周总理1961年从莫斯科回国,毛泽东、刘少奇和朱德等党和国家领导人到机场迎接,总理在机场讲话中说:“不要做亲者痛,仇者快的事”,给我留下了深刻的印象。受苏联停止向中国出口石油,我的家乡江苏省镇江市的公共汽车因为没有汽油而戴气帽子的刺激,我决心学地质为祖国找石油,1962年高中毕业报考大学,南京大学地质系是我的第一志愿。我的高中毕业评语很差,“学习尚努力,政治思想不要求进步……”。在政治挂帅的那个年代,有这样评语的学生一般不被大学录取,当然老师也不会关心我的志愿。老母目不识丁,她也不想我考取大学,如果我上了大学,就没有人帮她打大饼,家庭生活就难以维持,我也没有和她商量考大学填志愿的事。谁也没有想到,我能考上大学,直到1966年“文化大革命”,南大地质系团总支书记周维高才向我透露了秘密。他当时负责南大的江苏省招生工作,看了我的材料,成绩可以,出身一般,但政治评语太差,这种考生当时一般不予录取。他是镇江人,又仔细看了我的材料,“一个16岁的孩子懂什么政治?这个孩子爱劳动,爱劳动的孩子一般不错”。就这样,我被录取了。

大学期间,我还是一个连入团报告都没有打的“落后”分子,因喜

欢独立思考问题,招来了一些麻烦事。1965年批判吴晗的“海瑞罢官”,我不同意光明日报一篇清官比贪官坏的文章的观点,给报社写了一封信。不久后的一天,马列主义教研室的一位老师找到我,说:“我受匡亚明校长之托,找你谈话。”他问了我写信的事,我如实回答了。他没有说对,也没有说错,只说了“你们年轻学生不懂事”之类的一通话。我听得出来,言下之意是要我今后不要再干这种事了,当时心里也明白,是匡校长保护了我!我是一个“落后”分子,“文化大革命”初期理所当然地成了造反派,1966年7月就参加了“南大8·27”的地质系东风大队,和“资产阶级反动路线”作坚决斗争!红旗杂志10月社论,承认了中央前一阶段犯了方向性和路线性错误,支持造反派的革命行动。“南大8·27”得理不饶人,冲击占领了南大保守派组织“红旗战斗队”的队部,我也参加了这次“革命”行动。冲进去后,见到对方是我的同学,我困惑了,我怎么能打自己的同学?又看到墙上“本是同根生,相煎何太急”的标语,我待不住了,退了出来,回到寝舍。第二天,红旗战斗队在校门口搭了一个草棚队部,我深受“感动”。过去我们造反派要大民主,保守派压我们;现在保守派承认错了,我们不能反过来压人家。激动之下,我以“8·27”一兵的名义,写了一张支持红旗战斗队草棚队部的大字报。第二天,地质系“8·27”的头头找到我,要我收回大字报,我不干,就这样被“8·27”开除了。我后来又参加了一个中间派的小组织“红岩公社”,慢慢地成了逍遥派。周维高老师没有参加造反派和保守派,我们聊过几次,谈了对“文化大革命”的一些看法,他也向我透露了我被录取的“秘密”。后来,地质系批斗周维高,系革委会的头头XXX找我谈话,要我揭发“周维高如何引诱青年学生背叛‘8·27’的”,并说“如不揭发,要影响你的毕业分配”。我当然没有“揭发”,回道:“一人做事一人当,与他无关。”周老师后来下放到南大溧阳农场,我1968年毕业后写信给他,他没有回信。“文化大革命”后我们又见了面,他说“我当时是重点审查对象,回信要给你添麻烦”。他后来当了江苏省体委主任和统战部副部长。

1968年分配工作时,政治条件第一,主要看出身和社会关系。我们班13个人分配到中国科学院的有6人(北京地质所5人,北京地理所西南分所即中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所前身1人),石油部7人,我家庭出身和社会关系没问题,被分配到中国科学院。我不是造反派,没有“坚定地站在毛主席革命路线一边”,被分配到北京地理所西南分所。负责分配的刘英俊老师找我谈话,征求我对分配的意见,我还是念念不忘找石油,要求分配到油田。他说,“大西南三线建设遇到泥石流问题,需要地质人才”。“国家的需要就是我的志愿”,我只能服从,就这样来到了大西南。

## 2. 苦思5年,解开西昌黑沙河古滑坡之谜

我1968年9月到成都报到后,随即到山西军垦农场锻炼,1969年底结束锻炼回成都。当时所里大部分老同志深陷于“抓革命”,“促生产”的任务就落到我们这批刚分配来的大学生身上。我所当时承担了西昌黑沙河泥石流的研究任务,所革委会决定,主要由我们这些新来的大学生组建黑沙河泥石流队。老所长吴积善同志是党员,研究生毕业,理所当然地当了队长。1970年初,我们开赴西昌黑沙河。逍遥和被教育了3年,能够摆脱“革命”斗争,干业务工作,我太高兴了。

黑沙河是一条著名的泥石流沟,历史上发生过多次泥石流,严重威胁成昆铁路的安全。吴队长交给我的第一项任务,是填绘黑沙河流域地质图。我学的是区域地质专业,南大强调抓“三基”,填地质图是基本功,我自认为学得不错,完成任务应该没问题。跑了十几天野外后,基本查明了黑沙河流域的地层分布情况,但前山的地质构造未能合理解释。组成前山山体的是一套产状平缓的地层,下伏产状陡立的地层,两者之间为产状几乎水平的断层(图1)。根据大学里学到的知识,此类平缓断层应为逆掩断层,但黑沙河西临的安宁河大断裂为高角度断层,前山产状平缓的地层不可能从西侧的安宁河逆掩而来。百思不得其解,只好向吴队长说,我无法解释这一现象,不能交“地质图”的卷。他没有说什么,但从他的眼神看得出,他对“南大地质系毕业的”,连个地质图都填不出来,很不满意。黑沙河的“逆掩断层”一

直是我未能解开的谜,我的同事也知道这是我的一块心病。

我大学里未学过工程地质,不知道何为滑坡,工作后参加了一些现代滑坡的考察,才对滑坡有所了解,并逐步形成了古滑坡的观点。西南山区在山地隆升、河流下切的长期地貌演化过程中,发生过大量的滑坡,许多坡地现仍残留有地质历史时期形成的滑坡(古滑坡),西南山区的现代滑坡大部分是古滑坡的复活。我的“古滑坡”观点当时没有得到所里搞滑坡人士的认可,被讥笑为“张信宝到处都是古滑坡”。

1975年5月,我参加云南大盈江浑水沟泥石流考察,我的“古滑坡复活是浑水沟泥石流形成的主要原因”的观点,得到了大家的赞同,稳定滑坡也成了浑水沟泥石流治理的基本思路。我在山上向大家介绍浑水沟古滑坡时,搞植被的陈精日同志半开玩笑地说,“黑沙河是不是也是古滑坡”。他的这句话提醒了我,黑沙河前山的“逆掩断层”有可能是古滑坡的滑动面。回成都后,我立即赶赴黑沙河,终于解开了困扰我5年之久的“逆掩断层”之谜。按地层层序,前山的地层完全可以贴在后山西坡的地层之上(图1)。前山的平缓地层是从东面的后山滑来,盖到安宁河断裂带的产状陡立的破碎地层之上,“逆掩断层”是古滑坡的滑动面。古滑坡发生后,后山和前山之间发生断陷,形成了现今的鲁基盆地。



图1 西昌黑沙河古滑坡体示意图

此时,我也浮想联翩,古滑动面被错认为逆掩断层的现象,决不止黑沙河一处,立即查找地质图,果然有所收获。如20万分之一的冕宁幅地质图上泸沽铁矿附近的燕山期流纹岩,覆盖于中生代地层之上。但西南地区从未发现过燕山期流纹岩,编图者只能打个“?”。用古滑

坡就可以很好地予以解释,所谓的“燕山期流纹岩”是震旦系的流纹岩滑到中生代地层之上的古滑坡残留体。再如川西著名的“龙门山飞来峰”,石炭-二叠纪的古生代老地层覆盖于侏罗-白垩纪中生代新地层之上,也是古滑坡的产物。

我利用黑沙河“逆掩断层”、泸沽铁矿燕山期流纹岩和川西龙门山飞来峰的资料,撰写了我的第一篇论文《古地滑现象》,发表于《四川地质科技》(1978年第一期,40~44)。马杏垣院士看到了我的文章,他1978年到成都地质学院(现成都理工大学)讲学,通知我去听他的讲学,讲学中还问了我有没有来。讲学中,他引用了我的论文,作为他伸展构造的证据。讲学后,他还询问了我论文的来龙去脉,并说了一些鼓励的话。

### 3. 兰坪金顶铅锌矿的古滑坡、古泥石流猜想

1975年后,我任浑水沟泥石流队队长,由于工作关系,经常要到昆明和云南省科委、水利厅联系工作。“文化大革命”期间及其后的数年,昆明的住宿很紧张,我每次到昆明都开一个到云南省地质局查找资料的介绍信,好到地质局招待所住宿。当然,没事也好到地质局资料室看看地质资料消磨时间(我所云南省的20万分之一地质图大部分是我弄来的,当时不要钱,只要介绍信)。1978年的一天,我从招待所报栏的省地质局的小报上,看到兰坪金顶发现特大型铅锌矿的一则报道,报道提及了矿区的推覆构造。我意识到这可能是古滑坡,随即就到地质局资料室查阅该矿区的地质资料。金顶矿为一巨型铅锌矿床,矿区裸露地层按其叠置关系,可分为外来系统和原地系统,两者之间为低角度断层接触。根据矿区及区域地质资料分析,我初步认为,矿区广泛分布的外来系统是古滑坡,原地系统的巨厚混杂角砾岩是古泥石流堆积,决定去兰坪金顶验证自己的猜想。

1979年春,我和我所的胡洪刚同志赴大盈江,顺道先去了兰坪金顶。云南省801地质队当时负责金顶铅锌矿的勘探工作,我向董队长递交了介绍信,说明了来意。唐队长说,我队杜明达同志的观点和你的相近,他认为外来系统是“天上飞来的”,就由他来接待你吧。随

后,杜明达同志来到我住的地质队板房招待所,我们两人是英雄所见略同,相见恨晚!杜明达同志 1952 年毕业于清华大学地质系,1958 年因言论被贬,从地质部下放到位于砚山县的云南地质局第一石油地质队,被定为极右分子,每月 25 元生活费,文化大革命中的遭遇更是可想而知。他当时还是孤身一人,没有结婚。这位老先生在如此艰难的情况下,对事业仍孜孜以求,不得不令人敬佩。《新观察》的一篇文章《发现亿万财富的穷汉》报道了他的遭遇和事迹。见到他的当晚,地质队的指导员来到我的房间,告诉我,“杜明达是内控人员,和他接触要注意”。当然,我对指导员的“忠告”是嗤之以鼻。

我们一起跑了 3 天野外,取得了共识。杜明达的“外来系统是天上飞来的”的观点是正确的,杜老先生毕业于地质系,没有学过滑坡,在野外地质队的条件和他的身份无法接触到新鲜学术思想的情况下,能够独立思考提出这一观点是非常难能可贵的!我们共同撰写了《云南兰坪金顶矿区的古滑坡、古泥石流堆积及与成矿的关系》一文。主要观点如下:

矿区的外来系统是古滑坡,为一套中生代三叠系-侏罗系的石灰岩和砂页岩地层,本地系统是新生代老第三系泥石流堰塞湖沉积,巨厚混杂角砾岩是阻塞牯江拗陷海槽的古泥石流堆积,砂岩是堰塞湖湖相沉积,铅锌矿以胶结物状态赋存于本地系统的混杂角砾岩和砂岩中。外来系统内部不同层位之间的断层和与原地系统之间的断层均为古滑动面。滑坡滑动过程和矿床形成推测如下:在老第三纪时,矿区以东地区发生巨型滑坡,巨型滑坡前缘形成的泥石流阻塞牯江拗陷海槽,形成堰塞湖,将原海槽的氧化环境改变为还原环境,导致了矿床的形成(图 2)。角砾岩矿体为阻塞湖盆的泥石流堆积体,砂岩矿体为堰塞湖湖相沉积。矿体形成后,滑坡(外来系统)覆于堰塞湖堆积(原地系统)之上,起到了保护矿体的作用。

考察结束后,我应邀在矿区作了一个报告。报告后,董队长说,“你的报告轰动了金顶”,并询问今后的找矿区域。我答道,矿区以南无矿可找,矿区以北有可能找到。后来听说,在矿区以北的跑马坪一



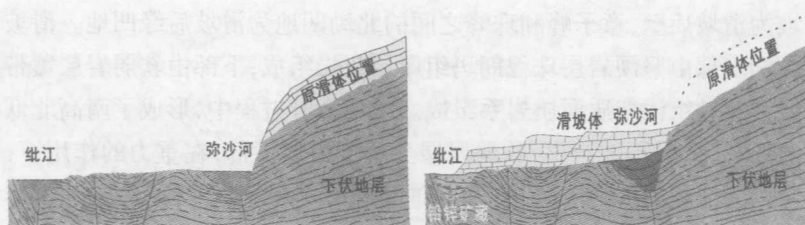


图2 云南兰坪金顶铅锌矿古滑坡滑动过程示意图

带,找到了较大的新矿体。20世纪80年代后期以来,我看到中国矿业大学覃功炯先生和后来其他专家的有关兰坪金顶铅锌矿地质构造和矿床成因的文章,覃功炯的文章接受了我们的古滑坡、古泥石流的观点,并将我们的论文列为参考文献。

另,我1986年从新西兰回国后到清华大学拜访了杜明达先生,见到了他和他的夫人(清华大学教授)。他告知我,他的“极右分子”问题早已解决,在地质部老同学的帮助下,他调回地质部,并结婚,现已退休。看到他的幸福晚年生活,我非常欣慰!

#### 4. 珠穆朗玛推覆体之怀疑

年轻的时候,我有一个习惯,每次出差回所后,都要到图书馆把所有新到的期刊(地质、地理、水文、气象、土壤、植被、生态环境,水土保持,土木工程等等,无所不包)过下目,以了解各领域的最新研究进展。先看一下文章的题目,可能有用的,浏览一下,知道个大意;感兴趣的,就精读几遍,有的还摘录要点。1980年,我在《地质科学》上看到潘裕生先生的《西藏的推覆构造及其意义》一文。该文认为,组成珠穆朗玛峰山体的奥陶系珠穆朗玛组厚层灰岩和寒武-震旦系的黄带层、北坳组浅变质泥质岩系是推覆体,由北向南逆掩到下伏的前寒武系绒布寺组结晶岩之上。我仔细阅读了此文,怀疑“推覆体”可能是古滑坡,到资料室找了珠峰地区的地形图和地质图进行分析,以验证我的“怀疑”。分析后,我认为珠峰是印度板块由南向北俯冲到西藏板块之下过程中形成的隆升山地,不是由北向南逆掩仰冲的推覆体。珠峰北侧北坳到绒布寺一带为一个巨大的古滑坡,珠峰陡峻的北



坡为滑坡后壁,章子峰和珠峰之间的北坳凹地为滑坡后缘凹地。滑坡体的上部由坚硬岩层珠穆朗玛组厚层灰岩组成;下部由软弱岩层黄带层和北坳组浅变质泥质岩系组成。珠峰隆升过程中,形成了南高北低的地形,岩层顺坡产出,软弱岩层又位于山体下部,在重力的作用下,北侧的部分山体由南向北、由高向低滑动,形成现今所见的古滑坡体(图3)。一时兴起,我撰写了《珠穆朗玛推覆体之怀疑》一文投稿于《地质论评》,想不到被录用了。

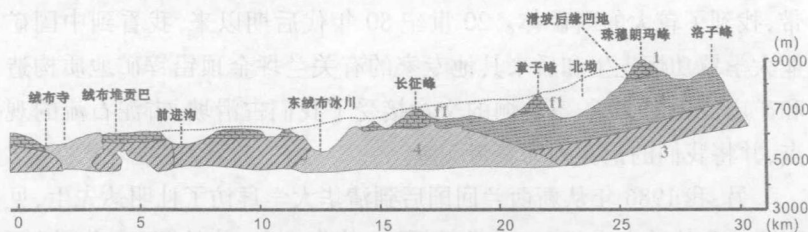


图3 珠穆朗玛古滑坡示意图

- 1 - 奥陶系珠峰组灰岩;2 - 寒武系 - 震旦系黄带层 + 北坳组变质砂页岩;
- 3 - 前寒武系绒布组结晶岩;4 - 喜马拉雅期花岗岩;f1 - 断层

### 5. 云南巧家金塘金沙江古滑坡堰塞湖的发现

2008年4月,我带领水利部公益性行业科研专项“长江上游重点产沙区的侵蚀产沙类型及其控制技术”课题组成员(北京地理所许炯心研究员和清华大学王兆印教授等18人)考察金沙江时,在巧家蒙姑镇附近,发现了金沙江沿岸分布的巨厚粗砂层,我告诉他们这就是古滑坡阻塞金沙江形成的古堰塞湖沉积,由于考察的是现代侵蚀产沙过程,对古堰塞湖沉积没有深究。2011年10月,我陪吴积善所长回访20世纪70、80年代的西昌黑沙河、东川蒋家沟和盈江浑水沟等泥石流工点,从西昌到东川途经巧家,沿金沙江向上,再顺支流小江到东川蒋家沟。吴所长是地貌学家,我们都是退休了的闲人,一路上讨论看到的地质地貌现象,也是一种乐趣。此次考察,我们注意到巧家蒙姑镇巨厚粗砂层组成的阶地,断断续续地一直延伸到小江的蒋家沟沟口。小江金沙江汇口附近的小江坪阶地和蒋家沟沟口处的达朵台地均属此阶地。我们判断,阻塞金沙江形成堰塞湖的古滑坡坝体应在

巧家蒙姑镇的下游。没有任务,没有课题,我们仅仅是吹吹牛而已。

2012年初的一天,毕业于中科院北京地质所的刘维明博士到我所报到后不久,到我的办公室来,说他的导师叫他到山地所后多请教张老师。我正愁没有年轻人研究这一问题,送上门的接班人!我向他介绍了金沙江堰塞湖阶地沉积的简单情况和研究意义,他很感兴趣,愿意在我的指导下开展研究,希望我带他实地考察一下。我和东川泥石流观测研究站站长胡凯衡研究员谈了此事,他非常支持,给刘维明拨了点经费。中国科学院赞助的新加坡国立大学地理学家 Higgitt 教授来我所作3个月短期研究,我向他介绍了金沙江古堰塞湖,他也非常感兴趣。我带他和刘博士一起赴东川,实地考察该古堰塞湖阶地沉积,这次考察查明了堰塞湖阶地的分布,确定了堰塞湖的古滑坡坝体位置(图4)。堰塞湖阶地起于云南巧家金塘,沿金沙江溯源向上分布至右岸支流小江汇口,然后沿小江河谷向上分布至蒋家沟泥石流沟沟口一带,长约40km。金沙江沿岸云南巧家的金塘、蒙姑、小江口等台地,四川宁南的鲁吉等台地和小江沿岸的新田、蒋家沟沟口附近的泥得坪、达朵等台地均是此堰塞湖阶地。巧家金塘台地,阶地面高出金沙江河床200余m;蒋家沟泥石流沟口达朵台地,高出小江河床100余m。小江汇口以上的金沙江沿岸未发现此堰塞湖阶地。

堰塞湖阶地沉积物主体为组成均一的巨厚粗砂层,局部地段夹粉细砂层(照片1),堰塞湖湖首临近滑坡坝体和两岸支沟汇口一带的堰塞湖沉积物为含巨砾的沙砾堆积。从沉积相分析,应为快速过水湖沉积。巨厚粗砂层的岩性主要为灰黑色、灰绿色片岩、板岩,小江流域的前震旦系变质岩系显然是泥沙的主要来源。堰塞湖沉积物最大厚度200余m,阶地面平均宽度约500m,淤积泥沙总体积大于30亿 $m^3$ 。

据实地考察和20万分之一地质图分析,阻塞金沙江形成金塘堰塞湖的滑坡为四川宁南金沙江左岸的一巨型滑坡。该滑坡由东向西滑落,不但阻塞金沙江,而且“飞”过了金沙江,现金沙江右岸坡地的破碎白果湾煤系地层为左岸分水岭一带的该煤系地层“飞”过来的残留物。从右岸坡地残留的滑坡“飞来峰”面积不少于 $2km^2$ 分析,滑坡