

高边坡物质运动全过程模拟

FULL-COURSE NUMERICAL SIMULATION OF
HIGH SLOPE MATERIAL MOVEMENT

黄润秋 邓荣贵等著



成都科技大学出版社

责任编辑 袁顺生 卢奇勋
封面设计 季恒钰

ISBN 7-5616-2687-5/P · 54

定价: 8.00 元

高边坡物质运动全过程模拟

黄润秋 邓荣贵 著
张倬元 王士天

本研究获国家自然科学基金会资助
(项目编号:48970155)

成都科技大学出版社

(川)新登字 015 号

内 容 简 介

本书以四川省华蓥山溪口滑坡等实例为典型研究对象,系统地阐述了高边坡稳定性评价的关键理论问题——高边坡物质运动全过程模拟的理论与方法,重点探讨了地质原型研究—概念模型建立、有关参数的分析测试及全过程模拟的数学力学原理等。

书中采用了较多的新理论、新方法及新的测试研究技术,可供工程地质、环境地质、地质灾害与环境保护、岩土力学等领域从事科研、设计、生产的科技人员参考,亦可供高年级本科生及研究生参考。

责任编辑 袁顺生 卢奇勋

技术编辑 邓华娜

高边坡物质运动全过程模拟

黄润秋 邓荣贵 等著

成都科技大学出版社出版发行

西南冶金地质印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 11.375 插页 2

1993年9月第1版 1993年9月第1次印刷

字数 270千字 印数 1—500册(精装 50册)

ISBN 7-5616-2697-5/P·54

定价: 8.00 元

前 言

岩质边坡的失稳机理与成灾预测一直是工程地质学研究的一项重要内容。八十年代以来,我国曾发生了多起由高边坡失稳导致的灾难性地质灾害事件,导致千余人死亡和数以亿计的财产损失,造成了不可估量的社会影响。如本书重点研究的四川省华蓥市溪口镇灾难性滑坡—泥石流事件,发生于1989年7月,摧毁了溪口镇北隅和两个村庄,死亡220余人,直接经济损失达600余万元。另一方面,由于大型工程的建设,如大型水电站、大规模露天开采以及山区城市建设的深开挖等也使我们经常受到复杂高边坡稳定性问题的困扰。可以说,高边坡稳定性问题是八十年代以来在我国最具现实意义的重大工程地质问题之一。

通过近十年来的探索,对高陡斜坡稳定性研究,我们已逐渐形成了一套以工程地质原型研究→岩体力学模型建立→变形破坏机制研究及演化过程的全过程模拟→稳定性评价及预测的系统工程地质分析方法。这一方法体系的实质是通过追索斜坡变形演化的全过程及伴随这一过程斜坡稳定性程度的降低,实现对其稳定性现状和未来发展趋势作出评价和预测的目的。这一体系包含有以下几方面关键的理论问题:

1. 首先是如何将斜坡变形破坏过程为一个地质的,但具有力学涵义的“概念模型”来描述。也就是说如何根据斜坡赋存的地质力学环境及当前的变形破坏现象,定性地掌握斜坡变形破坏的地质历史规律,这一规律就是“概念模型”。概念模型的建立主要依赖于对地质原型的正确理解与认识。

2. 如何将斜坡变形演化地质过程的“概念模型”用一系列地质—力学状态参数来描述。显然,准确地刻画地质过程的力学行为一直是我们多年来追求的目标。地质体很复杂,但认识过程是无止境的,通过反复的实践与探索,充分吸收和采用现代科学发展所带来的共同知识,就一定能逐渐达到或接近对客观世界较为真实的描述与认识。

3. 根据所确定的描述地质过程的参数,如何在地质分析的基础上,建立描述地质体物质运动过程的数学—力学方程,并在计算机上实现包括斜坡变形破坏乃至运动过程在内的物质运动全过程模拟。现代数学力学及计算机科学的进展为我们提供了解决这方面问题的理论工具。

本书的研究以解剖四川省华蓥市溪口滑坡及邻侧高边坡岩体为典型,重点研究探索了以上的关键理论问题。在地质勘探基础上,通过大量细致的野外地质工作和周密的试验测试,建立了高边坡岩体变形破坏及滑坡形成机制的“概念模型”。认为:溪口滑坡的发生是在这一地区特殊的上硬下软地质结构环境条件下,局部由于过去地质历史时期热泉出露而胶结、强化的断层角砾岩起到了支承、阻止上部坡体变形的锁固段作用,因而在这一部位产生应力集中。下部软弱基座的持续蠕变变形又使得这种应力集中的程度逐渐升高,最终导致锁固段岩体内部损伤缺陷累进性扩展,产生突发的脆性破坏,形成高速滑坡,并最终转化泥石流。在此基础上,对岩体变形破坏的本构特性进行了大量具有针对性的岩体力学试验测试,包括流变力学试验、断裂及蠕变断裂力学试验等先进测试技术。最后,依据这些试验所提供的参数,建立了斜坡岩体变形破坏的全过程数值模拟分析模型,采用基于粘—弹—塑性有限单元法的小变形理论与基于块体运动理论的大变形离散单元法相耦合的分析方法,对斜坡

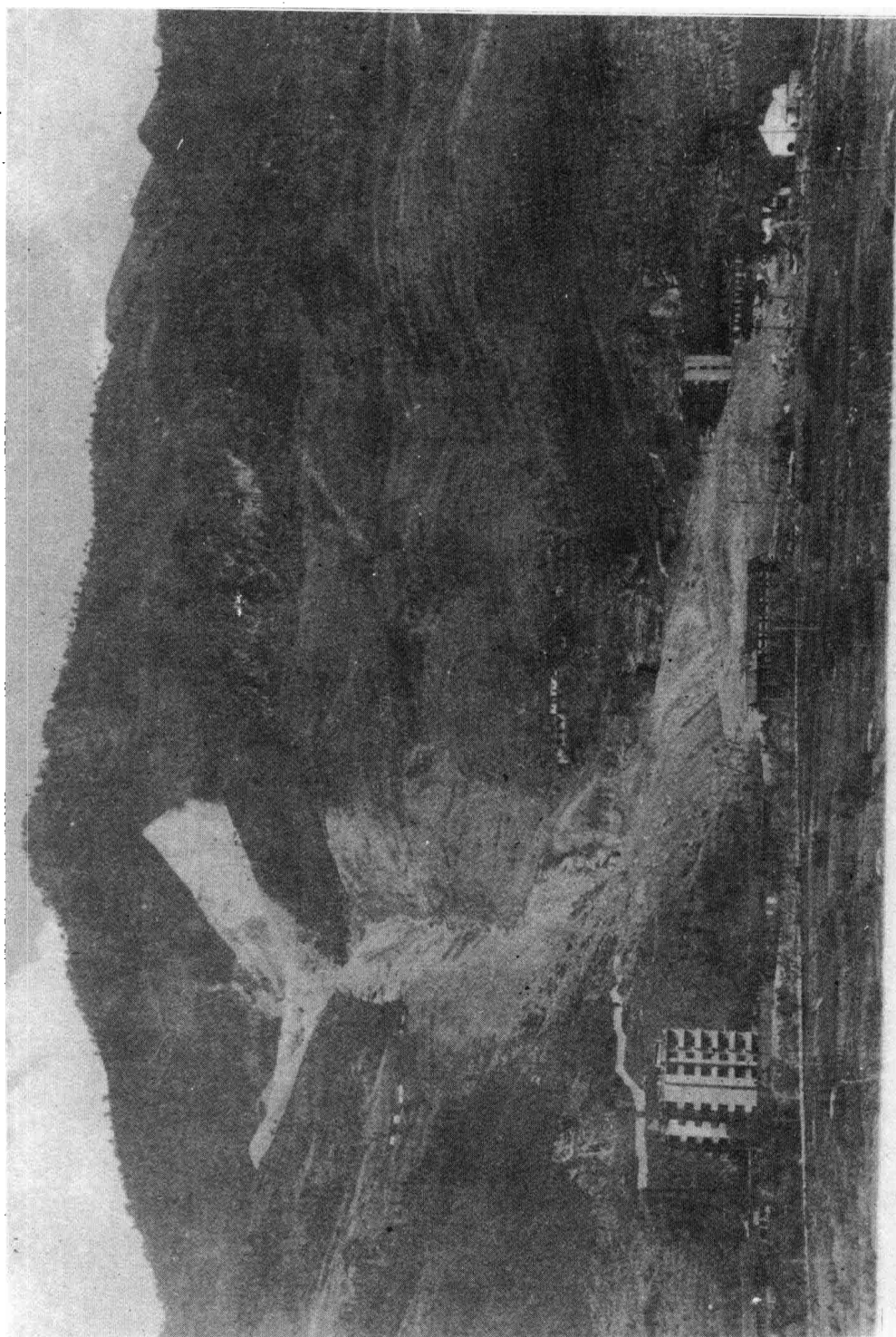
岩体从变形至累进性破坏,最后滑动面贯穿、坡体失稳的全过程进行了计算机动态数值模拟分析。从而验证、完善和加深了对“概念模型”的认识。最后,以地质及模拟分析结果为指导,对这一地区高边坡岩体的稳定性现状、可能失稳破坏方式及未来发展趋势进行了评价及预测。

该项研究是以国家自然科学基金项目“复杂岩体中高边坡稳定性的系统工程地质研究”为依托,配合四川省地矿局南江水文地质工程地质队委托项目“华蓥市重点斜坡变形破坏机制研究”科研课题开展的。野外工作中,得到南江队从领导到地质人员的积极支持与大力配合,尤其是得到了刘成渝所长、李玉生总工程师、侯仁栋队长、匡诗含工程师及彭先孚高级工程师等的具体帮助。成书过程中,季恒玉同志协助清绘了本书部分图件,李勤同志完成了全书的计算机排版和校改工作,在此一并致以衷心的感谢。

本书前言、第一章、二章、三章、四章二、五节、五章、六章由黄润秋同志编写,其余部份由邓荣贵同志编写,最后由黄润秋统编,张倬元、王士天审核校订;严明、李自停、王峥嵘等同志参加了研究工作。限于研究者的水平,书中谬误之处定有不少,恳请读者批评指正。

作者

1993. 9. 20



溪口滑坡-泥石流景观

目 录

前言

第一章 概况	(1)
第二章 研究区自然地理及工程地质环境条件	(7)
一、自然地理概况	(7)
二、地形地貌	(9)
三、地层岩性	(10)
四、地质构造	(13)
五、新构造运动、现今地应力及地震	(24)
六、水文地质条件	(25)
第三章 滑坡地质原型及形成机制的“概念模型”研究	(26)
一、滑坡发生及运动过程实录	(26)
二、滑坡—泥石流发育的基本特征	(27)
三、滑源区岩体结构特征的研究	(33)
四、角砾岩的成因研究	(42)
五、滑坡形成机制“概念模型”的建立	(48)
六、小结	(49)
第四章 斜坡岩体力学模型的研究	(51)
一、斜坡岩体的工程地质特性	(51)
二、斜坡应力特征的测试研究	(60)
三、斜坡岩体弹塑性力学模型研究	(60)
四、岩石流变力学模型研究	(67)
五、角砾岩弹塑性损伤本构模型研究	(75)
六、岩体断裂及蠕变断裂力学研究	(80)
七、岩石断裂力学在溪口滑坡形成机制的研究中的应用	(84)
第五章 斜坡变形破坏及运动过程的数值模拟研究	(87)
一、概述	(87)
二、全过程数值模拟的数学—力学原理	(90)
三、斜坡应力场初始特征的有限单元法分析	(102)
四、斜坡形变—应力场演变的粘弹塑性损伤有限元分析	(111)
五、斜坡失稳暴雨触发过程的数值模拟	(115)
六、斜坡运动过程的离散单元法模拟研究	(121)
第六章 溪口水泥厂斜坡结构特征及稳定性评价	(135)
一、概述	(135)
二、斜坡的地质结构及变形特征	(135)

三、斜坡稳定性评价的定性类比分析	(139)
四、斜坡稳定性的数值模拟分析	(141)
五、地震条件下斜坡稳定性的数值模拟分析	(146)
六、斜坡稳定性的极限平衡法分析	(150)
第七章 亮水函斜坡变形破坏机制及稳定性评价	(157)
一、概述	(157)
二、斜坡地质背景	(157)
三、斜坡变形特征	(161)
四、斜坡变形的机制分析	(163)
五、斜坡稳定性评价	(166)
主要参考文献	(170)

第一章 概况

一、基本思想

岩质边坡的失稳机理与成灾预测一直是工程地质学研究的一项主要内容。八十年代以来,我国曾发生了多起由高边坡失稳导致的灾难性地质灾害事件,导致千余人死亡和数以亿计的财产损失,造成了不可估量的社会影响。如本书重点研究的四川省华蓥市溪口镇灾难性滑坡—泥石流事件,发生于1989年7月,摧毁了溪口镇北隅和两个村庄,死亡220余人,直接经济损失达600余万元。另一方面,由于大型工程的建设,如大型水电站、大规模露天开采以及山区城市建设的深开挖等也使我们经常受到复杂高边坡稳定性问题的困扰。可以说,高边坡稳定性问题是八十年代以来在我国最具现实意义的重大工程地质问题之一。

斜坡是在内外营力及人类活动因素综合作用下,在早期侵蚀夷平面的基础上发展形成的。斜坡与自然界的任何事物一样,同样具有其形成、演化、发展及“消亡”的历史过程。外营力作用导致沟谷的不断侵蚀下切,标志着斜坡的形成;在漫长的地质历史时期中,斜坡本身的变形及各种外营力(包括人类工程活动)作用导致其以稳定性程度不断降低的方式演化发展,最后以崩、滑破坏的形式结束其演化历史,代之而起的是新一轮斜坡的形成,新一轮斜坡变形破坏的演化。斜坡就是以这种方式参与地壳表层的地质作用及地貌改造作用的。在其整个演化发展过程中,始终是以稳定性的变化为主线的;斜坡目前的稳定性状态只是其整个演化过程中的一个片断而已,但并非一个独立,前后不相关的片断,而是过去发展历史的结果、体现及将来变化发展的起点、先兆;同时,也是过去演变历史信息的记录。因此,从地质学的观点、历史的观点研究斜坡的稳定性,就是要通过对其现象及赋存条件的研究,从全过程上、内部作用机理上掌握其变形破坏的演变规律,也就是通常所说的“变形破坏机制”。只有这样,才能对其稳定性现状和今后的发展趋势作出科学合理的评价和预测。从原理上来说,这是一个将今论古→以古论今→以今测未的“地质历史分析”问题。但在信息技术发达、各种测试手段不断完善的今天,对地质历史过程的研究已不再局限于传统的建立在现象描述基础上的定性分析、定性评价,而是将地质学对现象的研究与现代岩体力学、数学力学、计算机科学和测试试验技术有机地结合起来,尽最大可能地提取地质体发展演变过程中的内部信息;尽最大可能地实现地质参数的定量描述和定量表达;尽最大可能地实现地质体演变全过程的模拟再现,从而达到对地质体变形破坏演变过程及其所代表的稳定性状态进行半定量乃至定量评价的目的。因此,“地质历史过程分析”在今天已有了新的含义,即“地质过程的机制分析——定量评价”。根据这一基本思想,通过近十年来的探索,对高陡斜坡稳定性研究,我们已逐渐形成了一套以工程地质原型研究→岩体力学模型建立→变形破坏机制研究及演化过程的全过程模拟→稳定性评价及预测的系统工程地质分析方法(参见文献[2]、[12]、[13]、[14]、[15]等)。这一体系里面包含有以下几方面关键的理论问题:

1. 首先是如何将斜坡变形破坏过程为一个地质的,但具有力学涵义的“概念模型”来描述。也就是说如何根据斜坡赋存的地质力学环境及当前的变形破坏现象,定性地掌握斜坡变形破坏的地质历史规律,这一规律就是“概念模型”。概念模型的建立主要依赖于对地质原型

的正确理解与认识。

2. 如何将斜坡变形演化地质过程的“概念模型”用一系列地质—力学状态参数来描述。显然,准确地刻画地质过程的力学行为一直是我们多年来追求的目标。地质体很复杂,但认识过程是无止境的,通过反复的实践与探索,充分吸收和采用现代科学发展所带来的共同知识,就一定能逐渐达到或接近对客观世界较为真实的描述与认识。

3. 根据所确定的描述地质过程的参数,如何在地质分析的基础上,建立描述地质体物质运动过程的数学—力学方程,并在计算机上实现包括斜坡变形破坏乃至运动过程在内的物质运动全过程模拟。现代数学力学及计算机科学的进展为我们提供了解决这方面问题的理论工具。

本书的研究工作以国家自然科学基金项目“复杂岩体中高边坡稳定性的系统工程地质研究”为依托,配合四川省地矿局委托项目“华蓥市重点斜坡变形破坏机制及稳定性评价研究”课题,在遵循、完善前述思路的基础上,重点研究探索了以上的关键理论问题。

二、研究思路及主要内容

华蓥市是四川省川东地区新兴的工业城市,是西南地区重要的军工生产基地。随着改革开放的逐步深入,以采矿业、建材加工业为主体的地方经济得到了迅猛的发展,极大地改善了山区人民的物质文化生活水平。但是,作为人口稠密的山区,其经济发展模式必然在很大程度上会受到自然地质环境条件的制约。同时,经济发展过程中的工程活动也会极大地影响和改变地质环境。在这样一种人与环境相互作用的系统中,人类只有很好地认识和把握自然地质过程的发展规律,以此约束和规范他们的工程、生活行为,才能达到既合理利用和开发地质资源,同时又能引导环境向良性方向发展的目的。多年来,由于山区经济的盲目发展和对自然规律研究认识不足,导致人一地系统的失控或失调,从而引发了一系列灾害性事件(见表1),如1958年华蓥高顶山煤矿山体崩滑,82人被淹埋于崩塌体内;1973年溪口镇鸡公口咀崩塌,压死40余人;1980年花儿岩采矿引起岩体崩滑,死104人。尤其是1989年7月溪口镇的灾难性滑坡—泥石流事件,死亡220余人,直接经济损失达600余万元。引起了国家及地方部门的高度重视。这些事例表明对这一地区自然斜坡失稳破坏机制及人类工程活动与自然地质环境相互作用关系的研究以达到了刻不容缓的程度。

遵循前述的基本研究思想,根据本项研究的具体对象,可概括为图1所示的总体技术路线。其主要内容可概括为以下几方面:

1. 地质原型的工程地质研究——概念模型建立:对原型的研究是整个认识过程的起点。一般说来,斜坡变形破坏的发展及其伴随此过程稳定性状况的变化完全取决于斜坡本身所赋存的工程地质-岩体力学环境条件,因此,对原型的正确认识在斜坡稳定性研究中起着举足轻重的“基石”作用。只有在对原型正确认识的基础上,才能建立合理的工程地质模型,从而抓住对斜坡变形破坏起关键控制作用的本质因素,提出斜坡变形破坏机制正确的“概念模型”。原型研究一般包括两方面的基本内容,一方面是对原型工程地质环境条件的研究,针对溪口地区的具体情况而言,主要包括:构造格架及其演化历史以及坡体的岩体结构特征。

原型研究的另一方面是对斜坡变形破坏现象的研究:坡体的工程地质环境条件决定了变形破坏的演变过程及发生机制,而变形破坏现象则是“过程”的具体记录。通过对现象的研究,结合原型的工程地质条件,分析现象产生的原因及现象发生的内部作用过程,就是所谓的“机制”。由于现象本身的不完备性及认识的局限性,以上根据现象提取信息的过程只能

表 1-1 华蓥山区主要地质灾害的基本特征(据文献[8])

编号	名 称	发生时间 (年、月)	地层 代号	规 模 ($\times 10^4 \text{m}^3$)	直接原因	损 失
1	鸡公嘴崩塌	1964、 1968、 1973.5	P_1	160	采煤	1973.5 的崩塌转化为碎屑流,运动 1.6km,毁矿、公路,死 40 人
2	花儿岩崩塌	1980.6	P_1	20	采煤	毁矿,死 104 人
3	三百梯滑坡	老滑坡	P_1, Q	280	采煤、弃渣、 暴雨	1985.5 和 1989.7 复活 4 万方,转化为泥石流,冲进燎原厂,华 煤矿,损失 790 万元
4	溪口滑坡	1989.7	$S, \angle$	20	断裂、暴雨	转化为碎屑流,运动 1.5km,毁 4 个村,6 个企业单位房屋、设备,损失 600 万元,死 221 人
5	黄龙寺滑坡	1989.7	S	50	暴雨	毁房屋建筑
6	观音桥滑坡	1989.7	Q		暴雨	转化为泥石流,流入金光厂,损失 100 万元
7	茨竹林滑坡	老滑坡	J_1	300	暴雨	毁房屋建筑
8	枳子沟滑坡	1980.7	T_{3x1}		暴雨	转化为泥石流,流入兴光厂,损失 312 万元
9	红光厂滑坡	1964、 1986.7、 1989.7	T_{3x1}	160	开挖、暴雨	滑体上为红光厂,共计损失 500 万元
10	高登山滑坡	1959.7	T_{3x1}		采煤	毁南充煤矿 1 号矿,死 82 人
11	江北煤矿 坑道突水	1966.8	T_3	坑口涌水量 $9 \times 10^4 \text{m}^3/\text{h}$	采煤	毁矿井设备物质
12	华蓥山李子垭 煤矿岩溶塌陷	1982	P, T	塌陷、疏干 13km ²	采煤	灌溉和当地群众生活无水源
13	歌乐山岩 溶塌陷	1972~ 1975	T	塌陷疏 干 3km ²	襄渝铁路开凿 中梁山隧道	当地城镇和农田无水源

是定性的、非确定性的,有时甚至可能是片面的,它的正确性是需要得到进一步理论验证的。因此,对这种根据现象分析建立的机制模型,我们一般称之为“概念模型”。它是对错综复杂事物的高度抽象和系统概括。尽管最终还需要得到理论上的进一步完善和验证,但却涉及到对事物本质的认识,因此,是整个研究过程的“灵魂”。针对溪口地区的具体情况,其研究内容包括以下几方面:

- 1) 滑坡产生过程和现象;
- 2) 滑坡发育特征;
- 3) 关键因素的测试研究;
- 4) 概念模型的建立。

2. 岩体力学特性及本构模型的研究:在“概念模型”建立的基础上,为了从数学力学上验证和完善对变形破坏机制和过程的认识,就必须获得对岩体力学性态的描述(即岩体力学

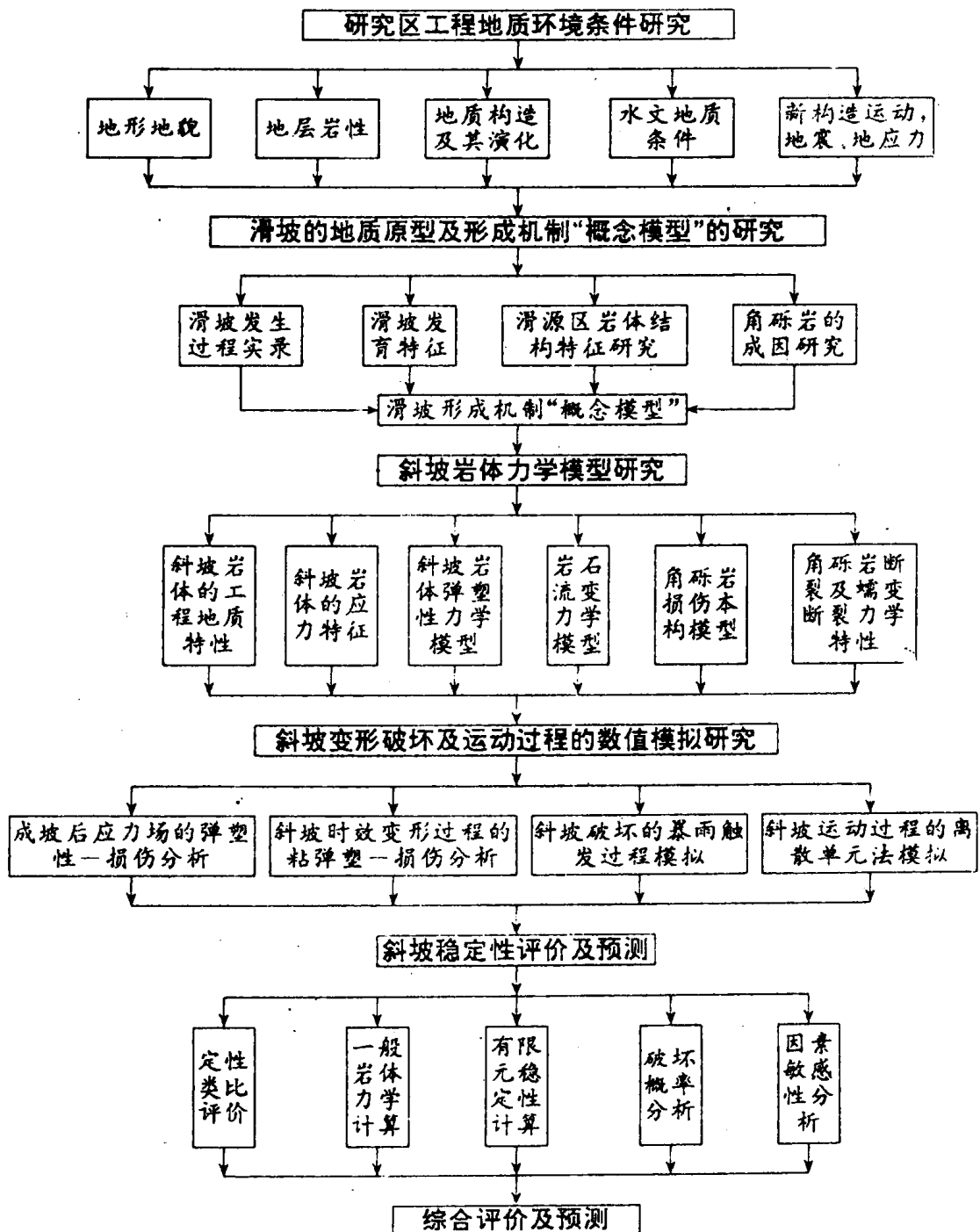


图1—1 课题研究技术路线及主要内容

参数)及应力-应变本构模型。本构模型的建立多源于实验岩石力学研究,而实验研究的对象则紧密结合“概念模型”中所提出的关键因素。因此,针对溪口地区的具体研究对象,我们探讨了岩体的以下特殊力学性态及本构方程描述:

- 1) 结构面的力学性态及参数;
- 2) 岩体的长期强度参数及流变本构方程;
- 3) 岩体的断裂力学特性及断裂韧性;
- 4) 岩体的损伤参量及损伤本构方程;
- 5) 岩体的蠕变断裂力学特性及参数。

3. 变形破坏机制的全过程数值模拟研究:如前所述,现象研究所抽象的“概念模型”摆脱不了认识过程的片面性和局限性。要把这种定性的、局部的认识上升为理性的、系统全面的、内部作用过程上的认识,使之真正成为理论或模式,就必须经过严密的验证。实践表明,基于正确的工程地质-岩体力学模型和对岩石性态,及本构方程描述基础上的数值模拟分析方法是验证现象认识的重要手段。斜坡岩体从变形演化发展到破坏运动,通常是一个复杂的动态力学过程,是一个变形从量变的积累到质变的过程,量变的积累是一个与时间有关的小变形过程,而质变发生后的破坏,则是一个大变形及运动过程,这两个过程还不能用统一的数学力学本构模型来描述。因此,数值模拟分析采用了两类不同的方法:一类是基于弹塑性、粘弹塑性及损伤力学模型的小变形过程分析的有限单元法;另一类是基于准刚性块体大变形及运动过程分析的离散单元法。针对溪口滑坡的具体情况,包括以下方面的研究内容:

- 1) 斜坡变形破坏机制的弹塑性-损伤有限单元法分析;
- 2) 斜坡变形破坏过程时间效应的粘弹塑性-损伤分析;
- 3) 斜坡失稳的暴雨触发过程分析;
- 4) 斜坡运动过程的离散单元法分析。

4. 斜坡稳定性的评价及预测:机制分析与稳定性评价是紧密关联的两部份,前者从以下几个方面为稳定性评价提供信息:

(1) 滑面形状信息 除了假定圆弧滑动面的均质土坡(坝坡)以外,几乎所有的斜坡(尤其是岩坡)其潜在滑动面形式的确定都必须建立在正确的变形破坏机制研究及破坏方式分析上,因为,滑动面的形成本身就是坡体变形破坏的产物。

(2) 强度参数选取信息 潜在滑动面的强度参数是随变形破坏阶段而变化的量,因此,正确的判断变形发展阶段对在岩土力学试验成果基础上合理地选择稳定性计算的强度指标具有重要意义。

(3) 边界条件信息 斜坡在变形演化过程中,可能导致新破裂面的形成,如坡体后缘的拉裂缝(带)等。它们转而又可构成坡体新的几何边界或外营力活跃带,从而控制坡体的稳定性。因此,稳定性计算模型中应结合机制分析成果,合理地考虑这一因素。

(4) 影响因素及敏感因素信息 这类信息是分析斜坡稳定性趋势及突发性斜坡失稳事件发生的重要依据。通过对区域斜坡变形破坏调查分析,可以为稳定性计算提供有关影响因素类型、因素作用强度及敏感因素等信息。大量的事实及研究成果表明,就地域而言,我国南方滑坡发生的主要诱因是突发性的暴雨;而北方广阔的黄土地区则受冻融作用影响较大;西南西北地区地震作用是斜坡失稳的主要触发因素之一;长江中、上游地区斜坡失稳则与人类采矿等工程活动有密切关系。

(5) 计算方法选择方面的信息 如何选用合理的极限平衡分析方法进行稳定性计算,

取决于坡体结构特征、滑面形状、可能破坏方式等。对于滑面形状简单规则(平面、圆弧)的岩土质斜坡,坡体下滑时,因相邻条块间过大的相对变形而导致坡体解体的可能性较小,因此,条间抗剪阻力不可能达到或接近极限状态。这时,条间力对稳定性的影响可以忽略不计,选择瑞典条分法可以得到合理的解答。滑面呈折线状情形时,滑体下滑过程中可能导致条块间的相互作用,这时条间力对稳定性的影响应予考虑,可选择诸如传递系数法、毕肖普法等计算方法。对于坡体本身就包含有滑动过程中可能产生错动的不连续面,且滑面又呈不规则状的斜坡(尤其是岩坡),则一定要充分考虑条间力对稳定性的影响,这时,可选择诸如分块极限平衡法、萨尔玛法及江布法等稳定性计算方法。

三、完成工作量

围绕以上的技术路线和研究内容,本项研究完成的工作量如下表所列:

表 1-2 完成工作量一览表

项 目	工 作 量	备 注
1. 现场调研		
(1)滑区测绘	1 : 2000, 0.8km ²	配合南江队
(2)滑裂面测绘	1 : 500, 0.05km ²	配合南江队
(3)氡 α -子体放射性测量	12 条剖面,计 1.8km	南江队协助
(4)甚低频测量	10 条剖面,计 2.0km	南江队协助
2. 试验、测试		
(1)现场便携式剪切试验	10 组,计 50 余个样	配合南江队
(2)现场点荷载试验	若干	配合南江队
(3)现场回弹仪试验	若干	配合南江队
(4)岩石常规	抗压、变形各 5 组	
(5)岩石常规三轴	白云岩 2 组;角砾岩 1 组;泥岩 2 组	
(6)常规土工	全一组,直剪 6 组	
(7)岩石刚性压力机全过程试验	白云岩 2 组;角砾岩 2 组	
(8)泥岩流变试验	压缩 1 组;剪切 1 组	
(9)角砾岩流变试验	压缩 1 组	
(10)角砾岩蠕变断裂试验	1 组	
(11)角砾岩断裂韧性测试	2 组	
(12)热释光测年	14 组	
(13)电子自旋共振测年	14 组	
(14)热释光测温	30 组	
(15)C、O 同位素分析	3 组	
(16)差热、衍射、红外光谱分析	各 24 组	
(17)包体测温	3 组	
(18)斜坡声发射应力测试	6 件	
3. 数值模拟	六个系列,多种方案	

第二章 研究区自然地理及工程地质环境条件

一、自然地理概况

研究区位于四川盆地东部华蓥山中段,华蓥市溪口镇邻侧。地理坐标为东经 $106^{\circ}44'00''$,北纬 $30^{\circ}15'00''$ 。华渝公路穿过本区,南下重庆公路里程 95km,北上华蓥市 25km,襄渝铁路西距研究区仅 7.0km,交通极为方便(见图 1-1)。

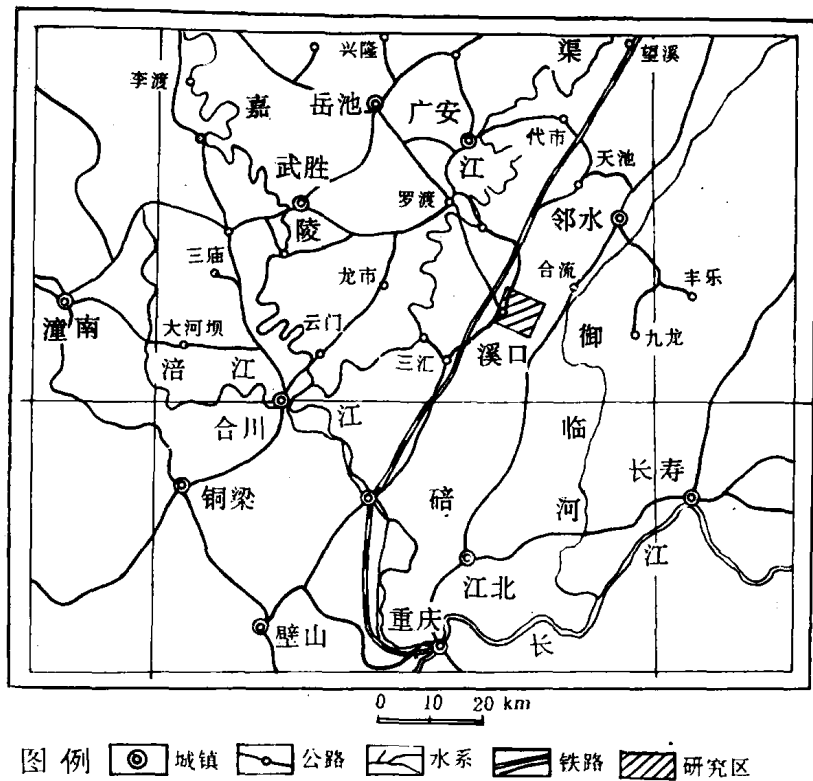


图 2-1 交通位置图

华蓥市幅员面积 429.92km^2 ,人口约 33 万,非农业人口约占 $1/4$ 。从整个川江的经济发展形势来看,华蓥市具有明显的优势,区内矿产资源丰富,交通便利,工农业生产发达。主要矿产资源有煤、铁、硫、石膏、青石等。采煤、炼焦、炼铁、水泥、军工、机械制造和光学工业发达,工矿林立。大、中型企业除华蓥矿务局外,三线建设时期内迁的国防、机械工业企业就达十数家,是西南地区重要的能源、军工生产基地之一。溪口镇位于华蓥市东南隅,华蓥山西麓之山区与丘陵过渡地带,是川东南交通之咽喉,北可达华蓥、广安,南可通合川、北碚、重庆等地,自古乃川东重镇。随着改革开放的深入,地方经济飞速发展,呈现出商户云集的繁荣景

象,成为川东南重要的物资、人员集散地。镇内主要国营大中型企业有长城机械厂、溪口水泥厂、武胜水泥厂、华蓥矿务局等。

研究区山川形势大体呈“两岭夹一谷”的态势,岭、谷大体呈 NNE 向展布(图 2-2),标高变化较大,以东南和尚梁子为最高点,海拔高程 1012m。溪口镇坐落在两山所夹持的槽谷阶地上,最低点海拔高程 294. 0m,区内地形最大相对高差达 900 余米。研究区向西地形总体呈降低趋势,逐渐过渡为“川中丘陵区”。



图 2-2 研究区山川形势

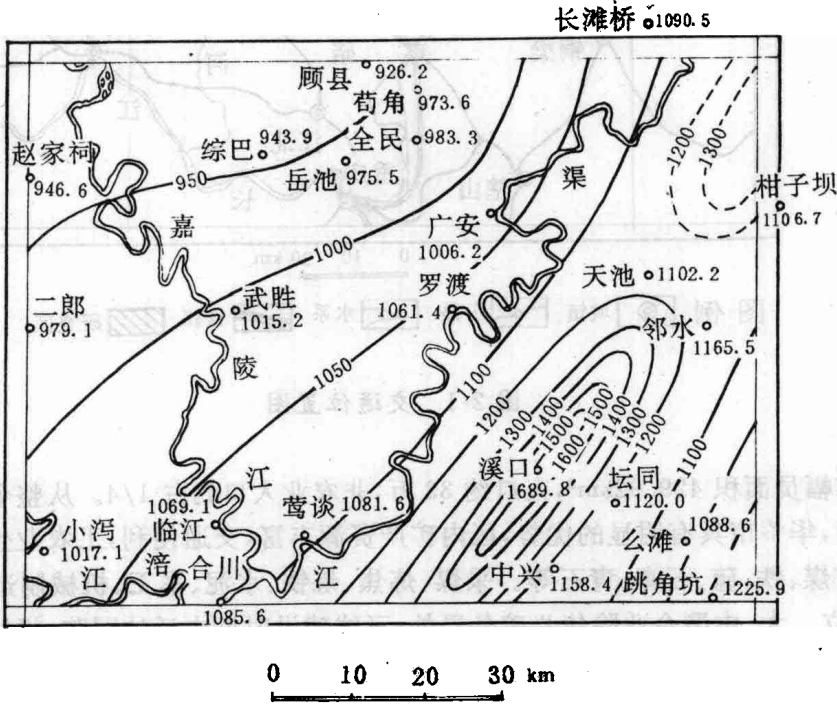


图 2-3 多年平均降水量曲线