

澜沧江小湾水电站

高拱坝坝基重大工程地质问题研究

黄润秋 王士天 胡卸文 等著



STUDY ON THE MAIN ENGINEERING
GEOLOGICAL PROBLEMS OF
XIAOWAN HIGH ARCH DAM

Huang Runqiu

Wang Shitian

Hu Xiewen

西南交通大学出版社

责任编辑 李太熙 丁丽波

封面设计 季恒玉

ISBN 7-81022-960-5



9 787810 229609 >

ISBN 7-81022-960-5/P · 031

定价: 38.00 元

澜沧江小湾水电站
高拱坝坝基重大工程地质问题研究

黄润秋 王士天 胡卸文 著
许 模 许 强 李天斌

本项研究获国家自然科学基金优秀中青年人才专项基金资助

西南交通大学出版社

内 容 简 介

本书以澜沧江小湾大型水电工程为实例,研究了高拱坝建设中有关的重大工程地质问题。内容涉及岩体结构、地应力场、渗流场、动应力场、岩体力学特性等有关岩体力研究环境条件的分析与评价法;重点阐述了与高拱坝建设有关的坝基岩体质量分级及可利用岩体研究、坝肩稳定性评价、天然及工程开挖高边坡稳定性分析及其工程处理等重大工程地质问题。全书始终贯彻以工程地质、岩体力学研究为主线,广泛吸收现代测试、模拟及计算分析技术,力求做到对工程岩体的深入刻画和对工程地质问题量化评价的学术思想。研究体系完整,系统性强,具有理论及实际应用价值。

本书可供从事水利水电、地质、铁道、矿业、交通等部门的工程地质、岩石力学科技工作者及大专院校师生参考。

澜沧江小湾水电站 高拱坝坝基重大工程地质问题研究

黄润秋 王士天 胡卸文 等著

*

西南交通大学出版社出版发行

(成都 二环路北一段 610031)

成都理工学院印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:22.75

字数:561千字 印数:1—1000册(精装50册)

1996年7月第1版 1996年7月第1次印刷

ISBN 7-81022-960-5/P.031

定价: 38.00元

目 录

1	前 言	(1)
1.1	概述	(1)
1.2	复杂环境条件下重大工程地质问题研究的理论及方法体系	(2)
1.3	工程概况	(7)
2	研究区工程地质环境条件	(10)
2.1	区域地质背景	(10)
2.2	坝区地形地貌	(13)
2.3	坝区地层岩性及工程地质岩组	(14)
2.4	坝区构造及构造应力场演化特征	(18)
2.5	水文地质条件	(23)
2.6	地 震	(26)
3	高边坡及坝肩岩体力学环境条件研究	(28)
3.1	岩体结构及结构模型	(28)
3.2	河谷应力场分析	(49)
3.3	岩体力学特性的试验研究	(91)
3.4	坝区三维工程地质信息管理系统	(120)
4	岩体力学特性及高边坡渗流场、有效应力场研究	(125)
4.1	概 述	(125)
4.2	岩石渗透特性试验测试	(125)
4.3	岩体渗透特性的渗透张量分析	(128)
4.4	高边坡渗流场分析	(132)
4.5	坝区岩体渗流场与应力场耦合分析	(140)
5	坝肩及高边坡岩体质量分级及坝肩可利用岩体研究	(146)
5.1	坝区岩体质量指数 Z 分级	(147)
5.2	坝区岩体水电工程围岩分级	(168)
5.3	坝区岩体质量 Q 及 RMR 系统分级	(172)
5.4	坝区岩体质量综合分级	(177)
5.5	坝区岩体力学参数选取	(177)
5.6	坝区岩体质量综合分类	(212)
5.7	坝肩岩体可利用性研究	(213)
6	坝肩岩体稳定性分析	(219)
6.1	坝肩的工程地质模型	(219)
6.2	坝肩岩体变形稳定性的数值模拟研究	(222)
6.3	坝肩稳定性的地质力学模型试验研究	(239)
6.4	左坝肩岩体抗滑稳定性分析	(251)
6.5	小结及综合评价	(258)

7	高边坡岩体变形破坏机制研究	(259)
7.1	高边坡概貌	(259)
7.2	高边坡岩体的表生改造	(261)
7.3	高边坡岩体时效变形破坏机制及模式研究	(266)
7.4	高边坡岩体变形破坏机制的数值模拟研究	(275)
7.5	小 结	(279)
8	坝区高边坡岩体稳定性评价	(281)
8.1	自然高边坡稳定性分析	(281)
8.2	坝肩开挖边坡稳定性评价	(307)
8.3	高边坡治理工程的地质工程分析	(313)
8.4	边坡稳定性快速评价分析系统	(325)
9	主要附属建筑区边坡稳定性分析	(334)
9.1	进水口高边坡稳定性分析	(334)
9.2	溢洪道边坡及隧洞围岩稳定性评价	(339)
9.3	导流洞进出口边坡稳定性评价	(345)
9.4	尾水洞出口边坡稳定性评价	(347)
9.5	饮水沟堆积体稳定性评价	(349)
10	结 论	(355)
10.1	建坝的工程地质及岩体力学环境条件	(355)
10.2	关于岩体质量分级及参数选取	(355)
10.3	关于坝肩岩体稳定性	(356)
10.4	关于高边坡岩体稳定性	(357)
10.5	关于主要附属建筑区边坡稳定性	(358)
	主要参考文献	(360)

1 前言

1.1 概述

我国是一个水能资源非常丰富的国家,尤其是西南和西北部地区环青藏高原的周边地带,由于青藏高原在地理上的特殊性,从而造就了发育于它的长江(金沙江)、黄河及其主支流、澜沧江等在流经这一地区时,河陡谷狭,水流湍急,落差巨大,水能蕴藏量极其丰富。据统计,全国各流域水能资源总蕴藏量约 $676 \times 10^6 \text{kW}$,可开发的水能资源约为 $378 \times 10^6 \text{kW}$,其中 68% 分布在西南地区,10% 分布在西北地区。截至 1995 年,全国水电总装机容量约 $30 \times 10^6 \text{kW}$,约占全国可开发水能资源总量的 8%;。因此,开发西南、西北地区的水能资源对缓解这一地区、乃至全国的电力紧张,改善我国能源构成及交通和环境压力,实现国民经济发展的宏伟目标具有重要的战略意义。

西南、西北地区水电开发基地的一个共同特征是:它们大多处于环青藏高原东侧这一特殊的地域地质环境。这一地区,伴随青藏高原第四纪期间的快速隆升,周边河谷如澜沧江、怒江、金沙江、雅砻江、大渡河、岷江等强烈快速下切,形成高原东侧横断山系高山峡谷地貌景观;周边断裂系如龙门山断裂、鲜水河断裂、安宁河—则木河—红河断裂等频繁的新活动,使强烈地震沿这些断裂带频繁出现;各类高地应力现象及其灾害屡见不鲜,河谷两侧高陡斜坡上大规模的崩塌、滑坡屡屡发生,且往往有超大型崩滑堵江断流形成堰塞湖等重大灾害事件,从而导致形成了复杂的工程地质环境条件。由此也带来了与大型水电工程建设相关的一系列重大工程地质问题,如构造活动区的区域构造稳定性问题、坝区及近坝库岸高边坡稳定性问题、大跨度地下厂房洞室群围岩稳定性问题、坝基(肩)稳定性问题、深埋长大隧洞稳定性问题等。以高边坡稳定性为例,目前,我国水电工程遇到的自然边坡高度已达 1000 余米,工程涉及的人工开挖边坡高达 200~300m。而自 80 年代以来,不论自然高边坡或人工开挖高边坡,在我国都有多起失稳并导致灾害性崩滑地质灾害的事件发生,如阻碍长江航道的鸡扒子滑坡(1982)、新滩滑坡(1985),埋没整座矿山的盐池河岩塌(1980),摧毁城垣及村庄的洒勒山滑坡(1983)、巫溪岩塌(1987)及溪口滑坡(1989)等,都是自然高边坡失稳破坏的结果;而龙羊峡水电站的虎山边坡,李家峡水电站的 1、2 号滑坡,漫湾水电站左岸缆机平台边坡等的变形、破坏,则与工程活动有着直接的联系。

随着国民经济发展对电力的需要,我国水利水电建设在今后 10 年乃至下一世纪初将有重大的发展。水电开发程度将由现在的 8% 左右提高到 20% 以上,装机容量增加 $35 \sim 40 \times 10^6 \text{kW}$ 。同时,工程的规模也将越来越大,如大坝的高度可突破 300m、水电隧洞的长隧洞也将突破 20~30km、地下厂房最大的跨度将超过 30m、水库干流长度也将达数十至数百公里。这样的大型工程对地质环境质量的要求是不言而喻的,它们往往会对工程修建的可行性决策起到控制性的作用,并在很大程度上影响着工程建设的投资及运营效益。因此,加强复杂岩体中重大工程地质问题描述、评价、预测及工程对策研究,不仅对国民经济建设、水能资源开发有着重大实际意义,而且对促进工程地质、工程岩体力学及环境地质学等学科的发展也具有重要的理论意义。

1.2 复杂环境条件下重大工程地质问题研究的理论及方法体系

根据这一研究方向的上述特点,自 80 年代中期以来,我们结合我国西南、西北地区拟建的一系列大型水利水电枢纽工程,如黄河拉西瓦水电站、金沙江向家坝水电站、澜沧江小湾水电站、雅砻江锦屏水电站及长江三峡工程等,开展了关于复杂工程地质环境条件下工程岩体稳定性评价的理论探索和应用研究。通过多年的实践,以系统工程理论为基础,建立了一套针对性强,适用性好的工程岩体稳定性评价理论及方法。这一体系认为复杂环境下工程岩体稳定性的研究,涉及面之广,程度之复杂可谓是一个系统工程问题,应采用现代科学的主导思维方法——“系统分析法”作为解决这一问题的主导思想方法论。根据广义系统科学的一般原理及工程地质实践,我们认为工程地质问题研究的核心是“动态”;应突出历史观(动态观)、工程观、系统观及非线性观;倡导地质过程机制分析;强调地质与工程的结合,定性分析与定量评价的结合,系统思维与不确定思维的结合;科学的世界观与辩证的方法论的统一,传统与现代的统一。具此,我们总结出以下工程地质问题的系统分析原理:

1. **动态地质历史过程分析原理:**工程地质过程的发生是一个复杂的动态地质系统,它与自然界的任何其他系统一样,有其形成、演化、发展及“消亡”的历史过程。以斜坡为例,外营力作用导致的沟谷不断侵蚀下切,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,以历史系统观研究斜坡的稳定性,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在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”。

2. **整体性和分解协调性原理:**从系统论的观点研究工程地质问题,其主旨是整体性原理,这一点集中体现在工程地质建模的基本原理上。工程地质模型一般包括工程地质条件模型和工程地质问题发生的机理模型,但不论哪一类模型,都是由工程地质体的各个条件、要素或过程(或子系统)构成的有机整体,整体性原理强调的是工程地质建模中各要素(或子系统)的整体效应结果,而不是这些要素(或子系统)的简单累加(加和性)。但是,由于地质体的复杂性,在研究整体性的同时,又离不开首先对各个要素(或子系统)的分别研究,在此基础上,再进行

综合效应研究,这就是分解协调性原理。“整体”与“分解”是矛盾的两个方面,但同时又通过协调实现在整体的原则下的高度统一。依据这一原理,在工程地质建模中必须强调以下三点:(1)系统整体性的认识;(2)系统的分解及各子系统的研究;(3)整体“概念模型”的建立及模拟再现验证研究。这里要强调的是后者,通过对地质体各子系统的分解研究,如何实现整体的协调:一方面是要从地质过程机制分析的原理出发,以过程为核心,把各子系统的特征联系起来,建立整体模型;但这个模型毕竟来源于地质现象的分析与观察,由于现象的复杂性、观察的局部性及人为性,就有可能导致建模的多解性。因此,这种基于现象的模型只能称作为“概念模型”。它是否代表了客观的实际地质过程,还必须通过理论的验证,这方面,现代数值与物理模拟技术提供了强有力的手段,它可以把实际地质原型用一定的数学或物理模型整体刻画出来;然后,模拟实际地质体的各种环境条件和工程条件(边界条件),考察地质体在各种要素作用下的发育、演变过程,即再现地质体的变形破坏过程,一方面,以此来验证“概念模型”的合理性与正确性;另一方面,也可以超越局部和静止而从整体上、动态过程上进一步深入考察地质过程发育的内部作用机理及发展趋势,从而为稳定性评价和过程的控制提供基础依据,这就是“模拟再现”。

3. 层次性原理: 这是工程地质问题研究中使用非常广泛的一条系统科学原理,也是研究整体性和分解协调性的主要工具,它讨论的是整体性是如何构成的。很显然,任何一类地质体或工程地质问题都是由不同的层次构成的,每一个层次都构成整体中的一个子系统或子系统,在对问题进行分解研究时,首先要从错综复杂的现象中将问题分解出不同的层次,然后,针对不同层次的问题采用不同的研究方法和手段。如对工程地质环境条件的研究,它包括了岩性条件、岩体结构条件、地下水动力学条件、地应力条件等,其中的岩体结构条件又可进一步根据其性质、规模和工程地质意义划分为不同的级别,如以断层为主的Ⅰ类结构面,以贯通性裂隙为主的Ⅱ类结构面,以断续延伸裂隙为主的Ⅲ类结构面,每类还可以继续再分为不同的级别。不同类型的结构面,其性质、规模不同,工程地质意义也不相同,如果一个地区不同层次的岩体结构都研究得非常清楚,这个地区的岩体结构模型就很自然地建立起来了。

层次性原理另外一方面的重要应用就是工程地质分级和分类思想。在工程地质理论体系中,经常可看到各种分类方案、分级思想。如岩体质量分级、地下硐室围岩分类(Q系统、RMR系统等)等等,实际上,这些都体现了层次性分析的系统科学思想。

4. 开放性原理: 工程地质体(或环境)不仅是人类一切工程、生活活动的基本环境,同时,也是人类工程活动的必然载体。也就是说,工程地质体不是孤立于、存在于地圈的,它必然要与人类工程活动(或人类圈)、岩石圈、生物圈、水圈产生相互联系与作用,是一个开放的体系,这就是“相互作用理论”。从系统科学的角度理解,这是一个具有自组织特征的耗散结构体系,即它是不断地依靠与其相互作用的系统发生着物质、信息与能量的交换,从而实现自身的动态稳定和不断演化发展。

5. 非线性—自组织原理: 这一原理是针对地质体演化过程的非线性性态提出来的。地质体的开放性决定了其高度非线性,也就是说,相对于线性系统的确定可逆,地质体更具有性态的不确定性、过程的不可逆性和效应的不可叠加性。地质体这一演化过程的非线性是通过自组织原理来实现的,所谓自组织,就是系统在开放性的前提下,通过自我调节及与外界的能量、物质、信息交换,实现从无序向有序、从平衡态向近平衡态直至远离平衡态(非平衡态)的过渡。具有这类特性的自组织机构在自然界彼彼皆是,工程地质和岩石力学领域亦俯首可拾,小到如微观的岩石断裂损伤缺陷扩展,大到滑动面的形成与演化、斜坡及地下硐室的变形破坏、活动

性构造通过能量的积累产生地震,……等等,均是自组织过程的具体体现。

仍以斜坡为例,斜坡失稳从本质上讲,实际上是斜坡体系内各要素间通过一系列的相互作用所产生的空间、时间、功能和结构的自组织过程。从开始成坡到最终失稳,斜坡的演化明显经历了三个阶段:平衡态→近平衡态→远离平衡态。这三个阶段也描述了斜坡演化从无序向有序的演化历程。

作为复杂系统的演变,地质体演化的另一方面突出特征就是渐变—突变共存,或者说是一个时间和空间尺度上线性与非线性、均变与突变(灾变)、确定性与非确定性、规则与随机共存的体系。“变”(动态)是绝对的,绝对的变中包含着随机非确定的“灾变”。这种过程的特殊性就在于其可以导致工程岩体变形过程的突然终止,而“提前”失稳,从而对工程带来灾难性破坏。因此,在对地质体的研究过程中,还必须探讨这些可能“灾变”因素(诸如强烈地震、高强度暴雨等)发生的机率及其对岩体稳定性过程可能发生的影响。

具体研究途径可表述为:

(1) 研究系统的总体目标,在于工程岩体当前稳定性评价、整治处理措施的采取及稳定性未来变化趋势的预测。系统目标的实现则取决于理清岩体变形破坏过程的整体发展线索,即变形破坏力学机制及其演变。因此,工程岩体稳定性研究首先是对岩体变形破坏这一“地质过程”的研究。

(2) 岩体变形破坏的力学机制及其演变,则受控于斜坡所赋存的地质、力学环境及动力学环境——统称之为岩体力学环境条件系统。因此,复杂环境下工程岩体稳定性研究系统目标的实现应遵循这样的途径,即:岩体力学环境条件的研究→变形破坏机制的研究→稳定性评价分析→目标实现。

(3) 岩体力学环境条件系统,又是由若干相互制约和影响的因素(子系统)构成的复杂系统,它包括地质环境系统(岩体结构子系统)、力学环境系统(岩体应力场条件子系统、岩体强度特性子系统)、外动力学环境系统及人类工程活动因素。显然,它的各个子系统也都处于不同程度的动态变化之中,也正是由于它们的动态变化,从而导致变形破坏和稳定性变化过程的动态变化。因此,岩体稳定性研究,首先应该从查明岩体力学环境条件系统中各子系统的特征、动态变化规律及子系统间的相互关系入手。

(4) 在查清上述问题的基础上,一方面,可以结合岩体现存的变形破裂现象,系统地定性分析并阐明岩体变形破坏历史演变的动态过程;另一方面,采用现代数值和物理模拟技术,可以定量或半定量地再现岩体变形破裂的整个历史过程,并预演其未来破坏方式和破坏条件,从而从整体上、理论上系统地认识岩体变形破坏过程所包含的力学机制。

(5) 最后,采用定性综合分析 with 岩体力学定量、半定量计算相结合,确定性分析与随机分析、概率分析(可靠度分析)相结合,静态分析与动态分析相结合的方法,从多方面分析评价工程岩体的稳定性现状和未来变化趋势。进而在对影响岩体稳定性诸因素系统优化分析的基础上,对危岩、土的整治处理及开挖工程设计提出合理的工程方案和处理意见。

(6) 在研究方法上,力求将地质学、现代数学力学、现代计算技术和测试手段有机地结合起来,并注意引进和开发新技术、新方法,从而提高研究工作的量化水平和稳定性评价的切实可靠性。

根据以上指导思想和我们多年的实践,以高边坡和坝基(肩)岩体稳定性研究为例,拟定的研究技术路线和主要研究内容如图 1-1 所示。

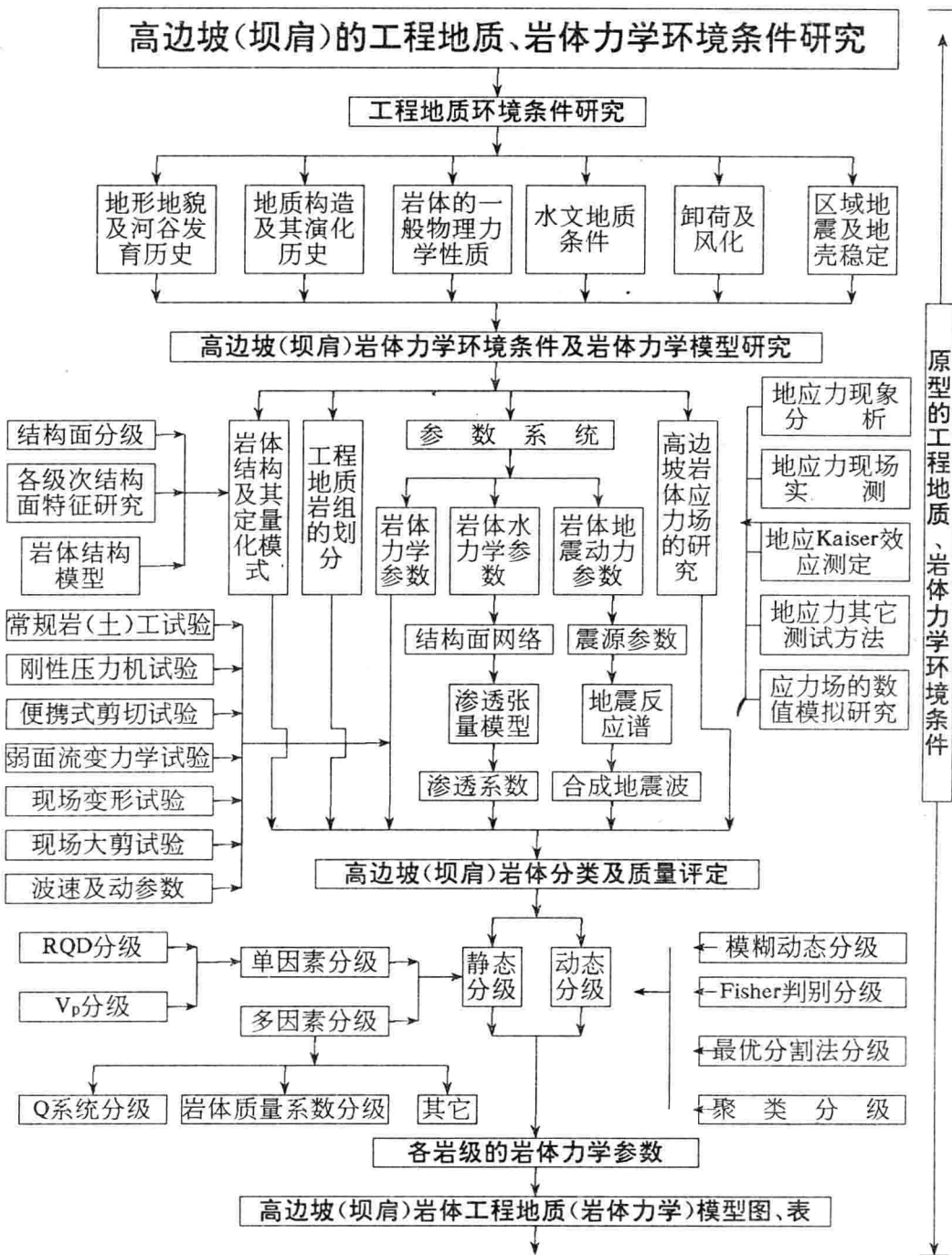


图 1—1(1) 研究技术路线及主要研究内容

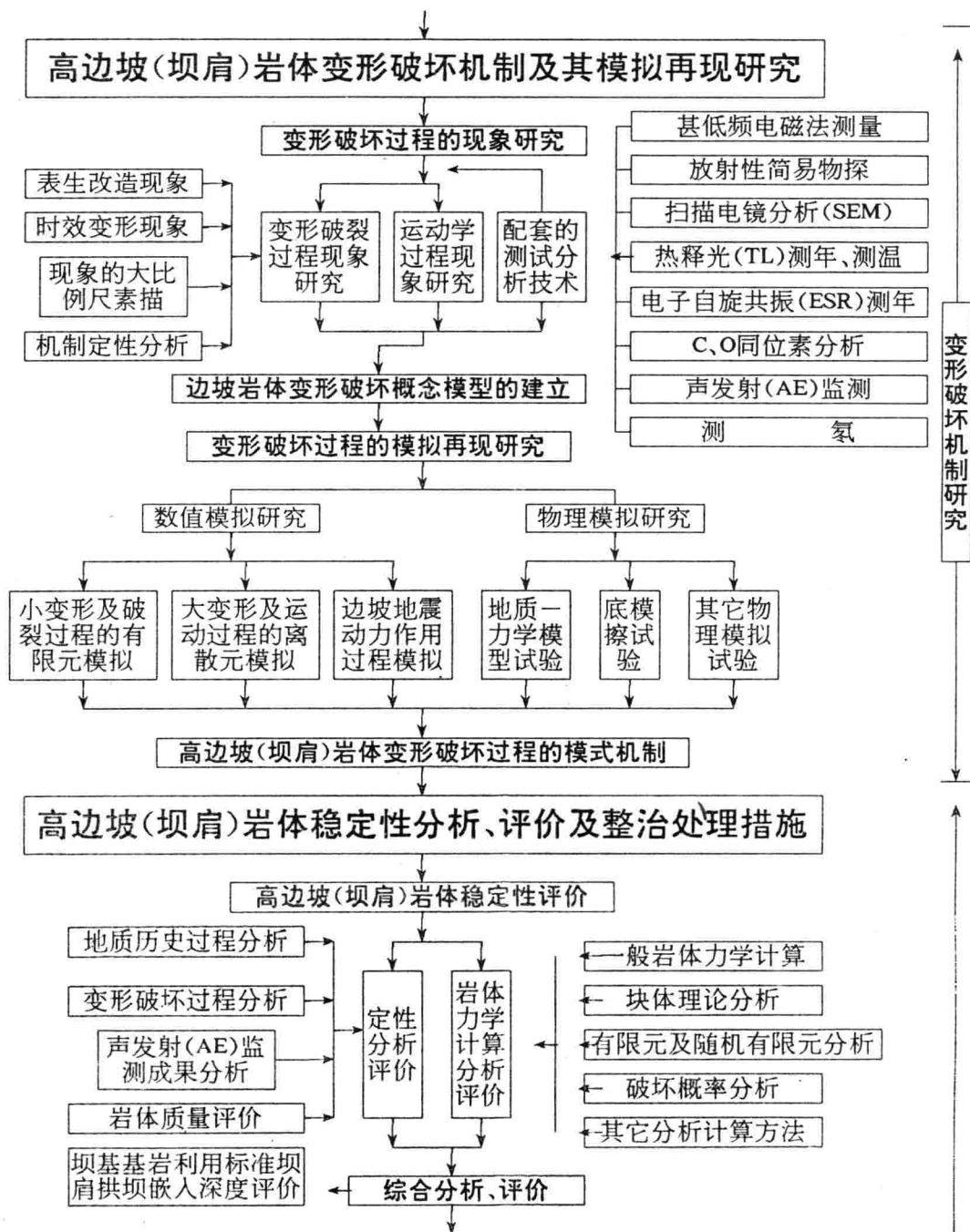


图 1—1(2) 研究技术路线及主要研究内容

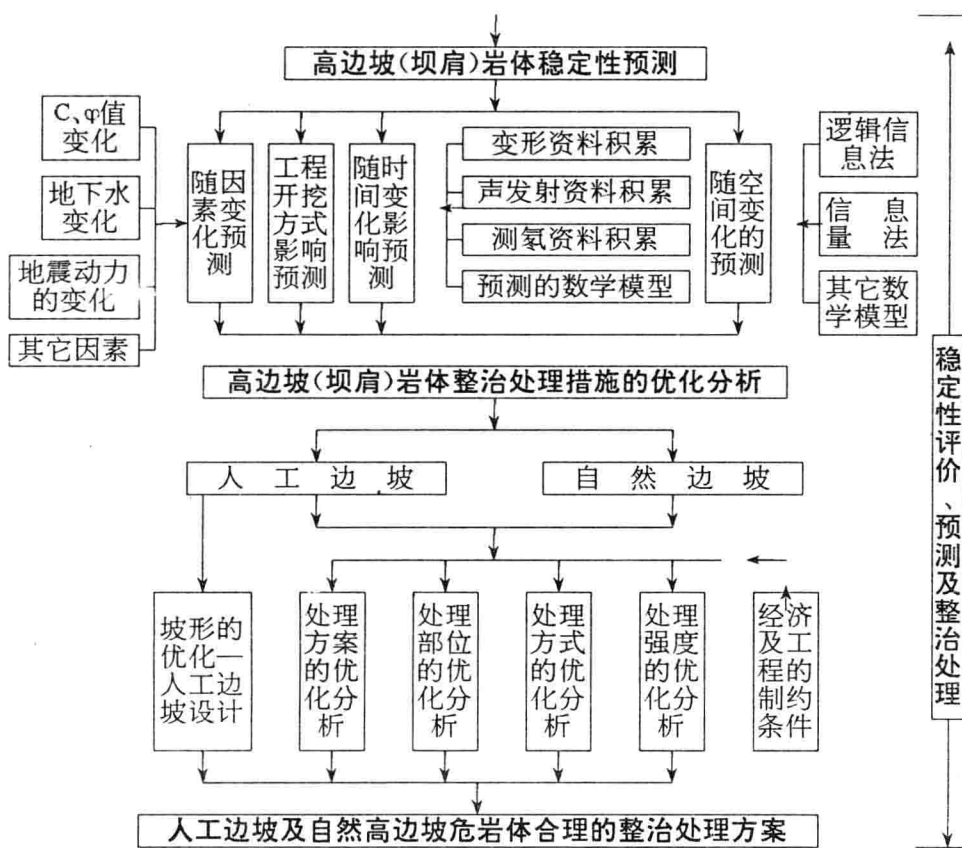


图 1—1(3) 研究技术路线及主要研究内容

1.3 工程概况

拟建的澜沧江小湾水电站,位于云南省西南部凤庆县与南涧县交界部位,澜沧江与其支流黑惠江交汇口以下约 3.85km 处的河段上。昆明至凤庆县城 601km,凤庆与电站坝区目前有 60km 简易公路相连(图 1—2),交通较为方便。

小湾水电站是澜沧江干流梯级开发的“龙头”电站,设计坝型为混凝土双曲拱坝(图 1—3),坝高达 284.5m,为世界同类型坝中最高之一。水库正常蓄水位 1240m,总库容 $14.557 \times 10^9 \text{m}^3$,采用右岸全地下式厂房,总装机容量 $4.20 \times 10^6 \text{kW}$ 。该电站建成运行后,不仅可缓解我国西南和广东省的电力紧张状况,而且对电站周围地区的灌溉、防洪、航运开发都将具有重要意义。

小湾水电站工程地处西南地区著名的“三江构造带”的南段,地质构造较复杂,澜沧江自晚近时期以来,深切成谷,形成宏伟的深切峡谷地貌(图 1—4),两岸山体雄厚,谷坡陡峻,平均坡度 $35^\circ \sim 40^\circ$,至



图 1—2 交通位置图

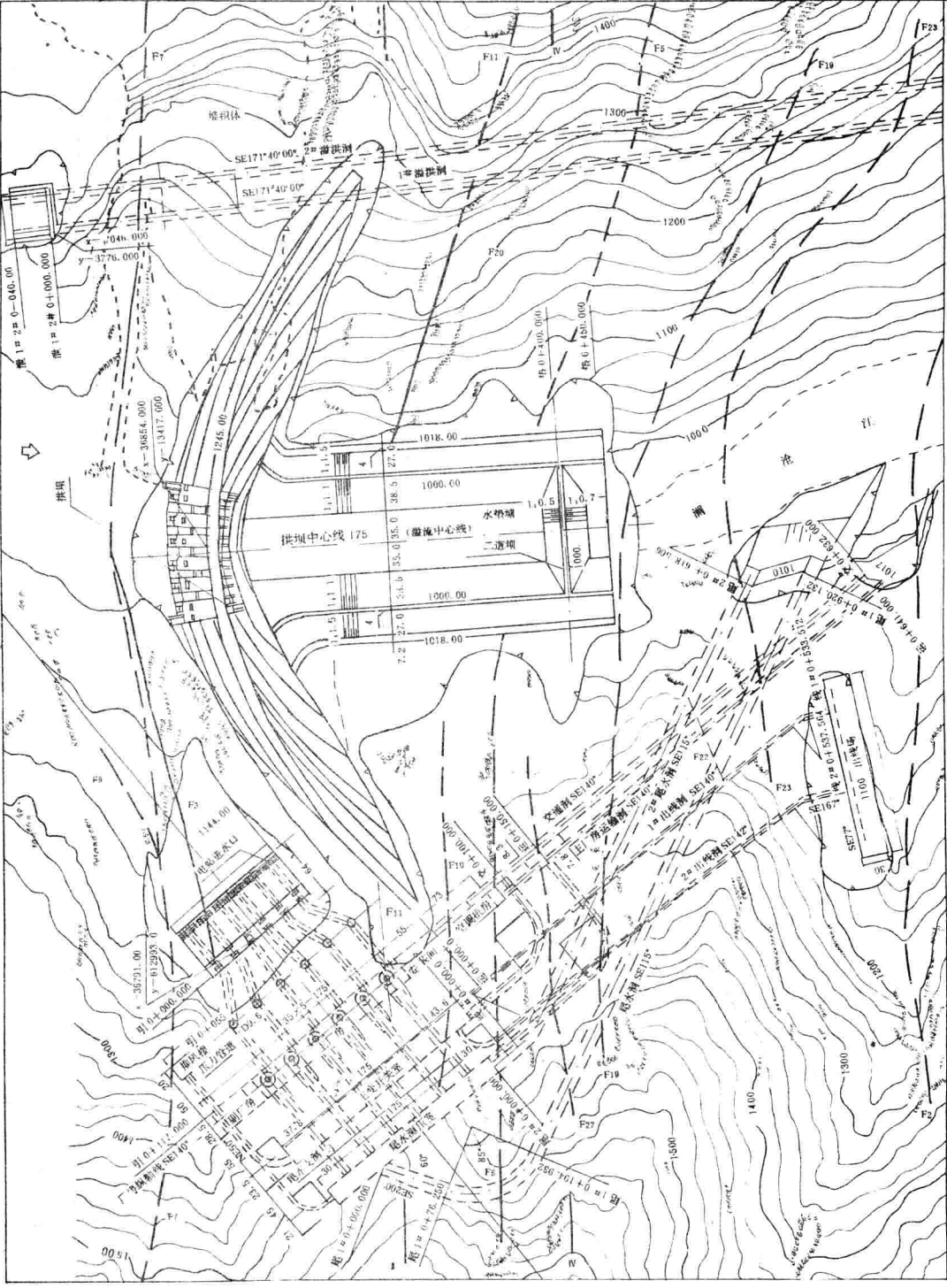


图 1-3 小湾水电工程枢纽布置图

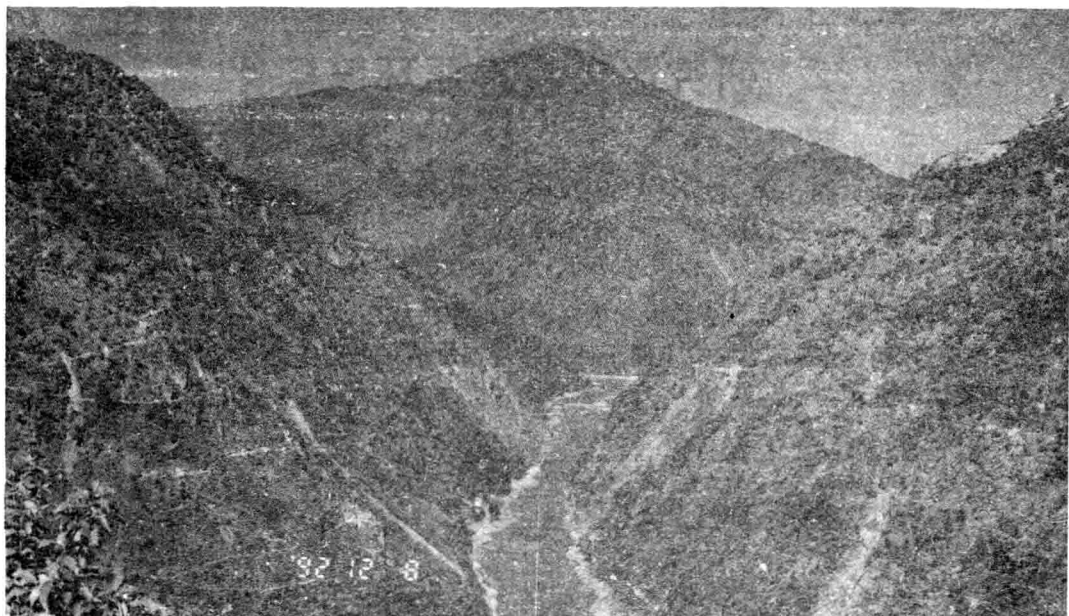


图 1-4 小湾水电站坝区地貌景观

分水岭相对高差在 1000m 以上,至工程区最低一级岸坡肩坎(约 1550m)相对高差亦达近 600m。勘探揭露表明,坝址区结构面发育,地应力相对较高,且岸坡经历了不同程度的表生改造和时效变形。显然,在这类地区修建坝高如此之大的巨型水电工程,高边坡及坝肩岩体稳定性问题是必须回答的主要工程地质问题之一。显然,上述问题的研究解决,不仅对小湾水电站工程具有重要现实意义;而且,其成果对丰富我国大型水电工程重大工程地质问题研究的理论与实践,促进工程实用岩体力学的发展都将具有重要的理论意义。

值得指出的是,本书在面向工程实际的同时,针对问题的复杂性和特殊性,强调了新理论、新方法的引入和应用,如:岩体结构参数定量化分析处理系统、水电工程地质数据库及信息管理系统、岩石高压渗透试验、岩石流变力学试验、岩体水力学及其工程应用、三维非线性应力场反演分析、大型地质力学模型试验、系统工程岩体分类、离散单元法及快速 Lagrangian 分析、岩体稳定性分析评价系统等。这些理论、方法的采用,大大地提高了对工程岩体地质、力学及工程环境属性的认识水平,从而为工程岩体稳定性评价提供了更为可靠的科学依据。

本书由黄润秋、胡卸文、许模、许强、李天斌、仵彦卿等同志撰写,其中:黄润秋撰写第一章、第二章、3.1 节、3.2 节部分、3.3 节、6.2 节、6.4 节、6.5 节、第七章、第八章、第九章部分、第十章;胡卸文撰写第五章、6.1 节、第九章部分;许模撰写 3.4 节、4.1 节、4.2 节、4.3 节、4.4 节;许强撰写 3.2 节、第九章部分;李天斌撰写 6.3 节;苏道刚整理了 3.3 节的试验资料并撰写了部分内容;仵彦卿撰写 4.5 节。最后由黄润秋统编,王士天、张倬元教授审核。

感谢电力工业部昆明勘测设计院对作者们的大力支持和积极协助。地质处朱雍权高级工程师(原处长)、方占奎高级工程师、罗征均处长、马汝祥高级工程师、何伟副处长、叶永年工程师、李腾芳工程师、冯汉斌工程师及小湾地质队的全体同志,科研所尹森箐高级工程师、李仕胜工程师、廖建军工程师,勘测队易英桂工程师,水工处洪工程师以及院陆宏总工程师、周副总工程师等给予了作者们诸多的帮助与指导,在此谨向他们表示诚挚的谢意。

2 研究区工程地质环境条件

2.1 区域地质背景

2.1.1 大地构造环境

小湾电站濒临印度板块与欧亚板块相互碰撞汇聚接触带的东侧边缘(图 2-1),地处著名的“三江构造带”南段,在大地构造上属于环球特提斯构造域的一部分。在特征上受两大陆板块边缘不断裂离又互相拼合的活动所控制,兼有两大陆地壳结构的过渡特点。

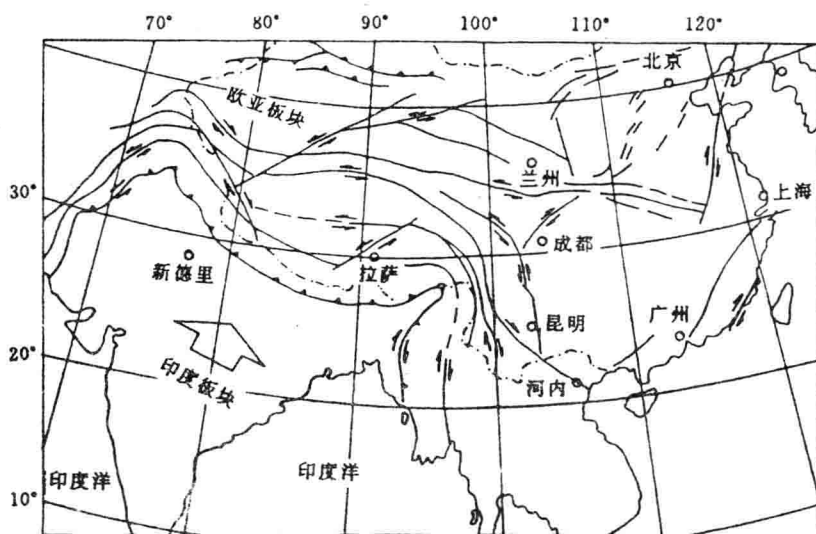


图 2-1 大地构造环境图

该区在地质历史上经历了漫长的构造变动,特别是晚古生代以来构造运动愈趋强烈,形成了不同性质和规模的陆块相间拼合的面貌。自燕山晚期、喜马拉雅期以来,印度板块向 NNE 向强力推挤和扬子刚性陆块的阻抗,致使滇西地区呈现出以北西向条块嵌合为特点的陆块拼接压缩构造带总体格局。

小湾电站所涉及的区域大地构造单元可划分为 4 个一级单元和 6 个二级单元(图 2-2):

I 扬子陆块:可进一步分为两个二级单元,即:Ⅰ₁ 滇中刚性地块,Ⅰ₂ 盐源—丽江地块边缘拗陷带。

Ⅱ 芒康—江城陆块:包括两个二级单元。Ⅱ₁ 昌都—思茅中生代拗陷带,Ⅱ₂ 杂多—景洪河西—印支期火山弧。

Ⅲ 左贡—施甸陆块:分为两个二级单元。Ⅲ₁ 保山地块,Ⅲ₂ 类乌齐—耿马被动边缘褶冲带。

Ⅳ 察隅—梁河陆块。

上述大地构造单元的划分,以板块构造理论为基础,包括了构造演化进程中形成并保留下来的各种不同性质的构造单元,反映了地壳乃至岩石圈构造变动的内在成生联系、区域大地构

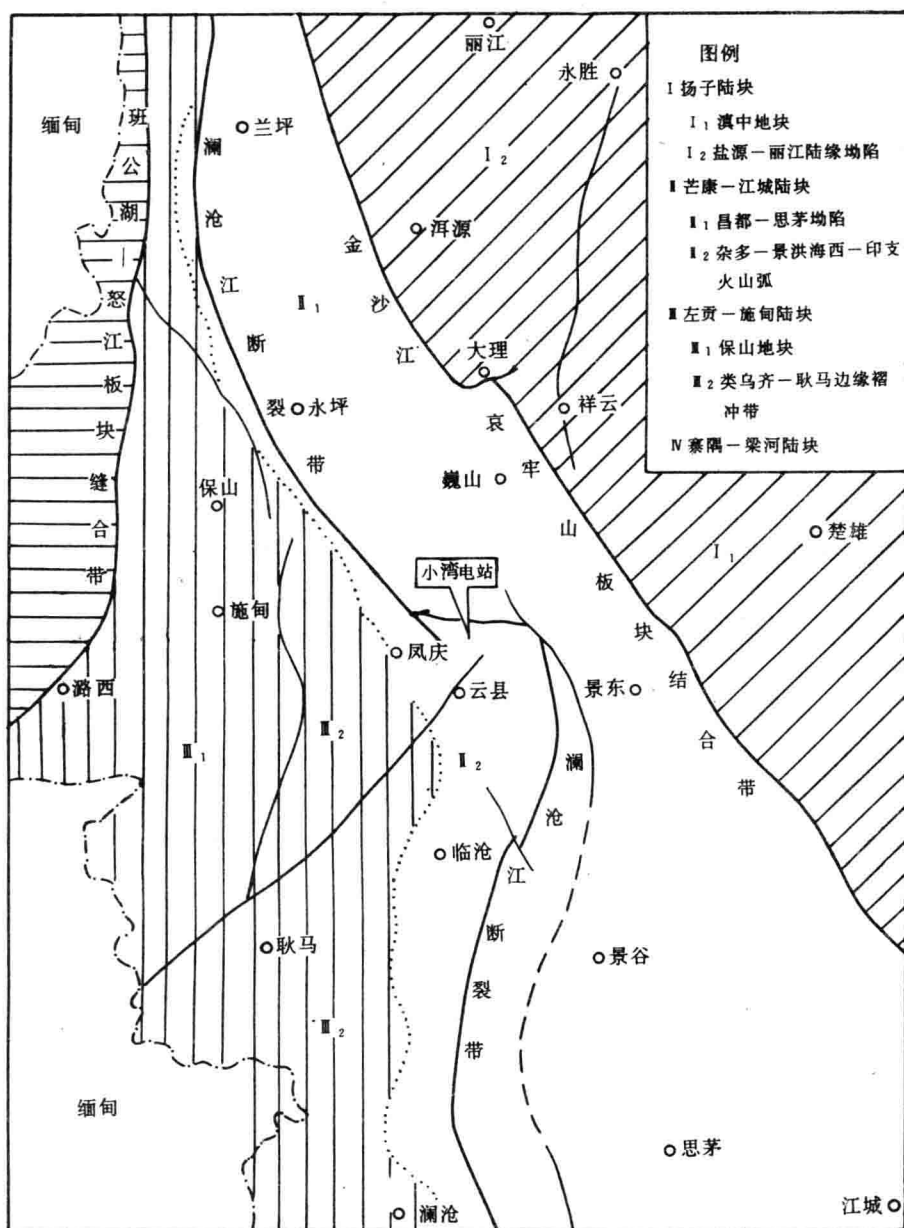


图 2-2 区域大地构造单元划分图

造发展和地球动力学环境的基本特性。

2.1.2 区域构造变动及构造应力场转换

研究区构造变动大体上经历了以下三个发展阶段：

古生代及加里东期构造变动：古生代本区构造变动处于相对稳定发展阶段，全区以造陆运动为主，造山运动并不十分突出。其间加里东早期受区域性近南北向主压应力的作用，形成了一系列近东西向构造之雏形，明显地影响着寒武纪、奥陶纪地层及生物群的发展与展布；加