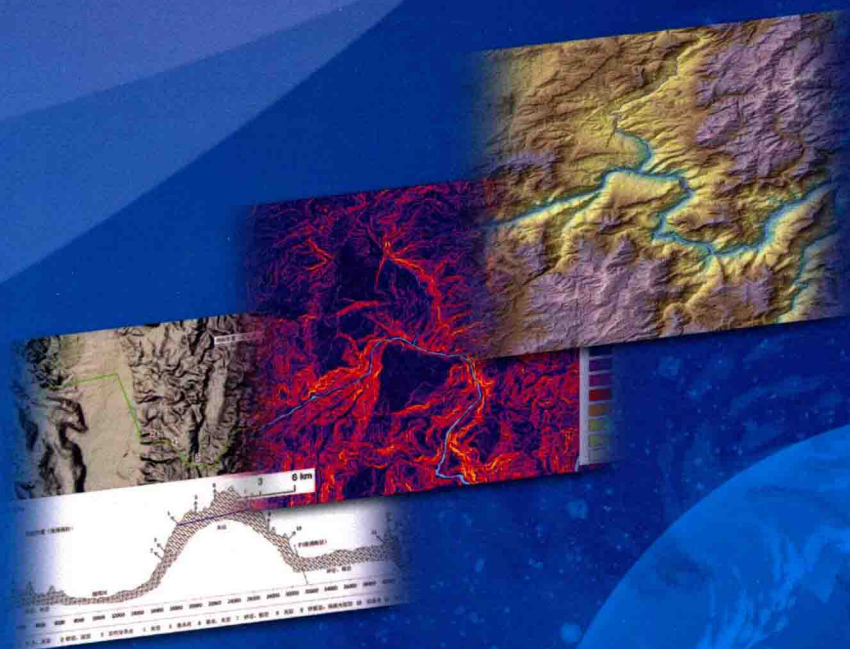




● 谢谟文 等著

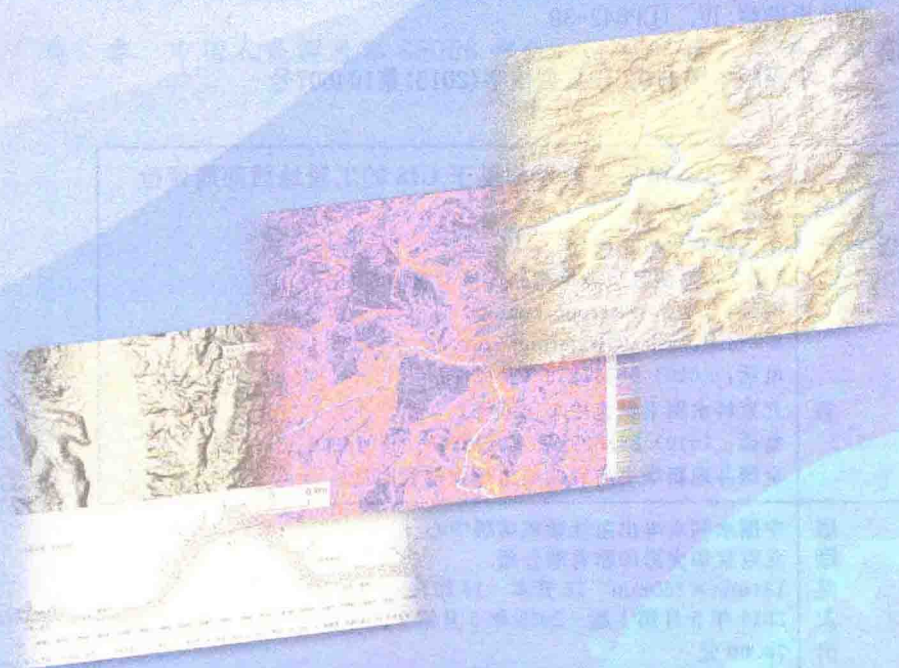
水库区三维遥感解译与 基于 GIS 的工程地质问题评价



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水库区三维遥感解译与 基于 GIS 的工程地质问题评价

谢谟文 杨建 陈卫东 王立伟 石安池 著
刘翔宇 王文远 张连卫 何兴东 马睿



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

水库区工程地质勘察任务是查明水库区的工程地质条件,预测水库蓄水期间可能产生的地质现象,为水库设计和顺利运行提供地质依据。本书以水库区的工程地质条件遥感解译为重点,介绍 GIS 与遥感等空间技术在水库区工程地质调查与评价中的应用,主要内容包括水库区多源 GIS 系统与三维真彩色遥感影像可视化系统的建立方法,水库区地形地貌、地质构造与地层岩性等内容的三维遥感解译方法,崩塌、滑坡与泥石流等水库区不良地质现象的高精度层次解译方法,以及基于 GIS 的水库区工程地质问题综合评价方法。

本书可供水利水电、采矿、交通、土木工程等领域从事工程地质调查或空间信息技术工程应用的设计与研究人员学习使用,也可供 GIS 应用开发人员和相关高等院校的教师和研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

水库区三维遥感解译与基于GIS的工程地质问题评价 /
谢谟文等著. -- 北京:中国水利水电出版社, 2015.5
ISBN 978-7-5170-3215-1

I. ①水… II. ①谢… III. ①三维—遥感技术—应用
—水库—工程地质勘察②地理信息系统—应用—水库—工
程地质勘察 IV. ①P642-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第104607号

书 名	水库区三维遥感解译与基于 GIS 的工程地质问题评价
作 者	谢谟文 等 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 16 印张 379 千字
版 次	2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷
定 价	78.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

本书编委会

- 谢谟文 北京科技大学
- 杨 建 水电水利规划设计总院
- 陈卫东 中国电建集团成都勘测设计研究院
- 王立伟 燕山大学，北京科技大学毕业研究生
- 石安池 中国电建集团华东勘测设计研究院
- 刘翔宇 国核电力规划设计研究院，北京科技大学毕业研究生
- 王文远 中国电建集团昆明勘测设计研究院
- 张连卫 京水（北京）江河工程咨询有限公司，原北京科技大学教师
- 何兴东 中国电建集团昆明勘测设计研究院，北京科技大学毕业研究生
- 马 睿 中国人民解放军 65056 部队，北京科技大学毕业研究生

前言

水库渗漏、塌岸、浸没和库岸稳定是影响水电工程经济效益和社会效益的主要工程地质因素。水库区工程地质勘察任务就是查明水库区的工程地质条件,预测水库蓄水期间可能产生的地质现象,为水库设计和顺利运行提供地质依据。水库区地质灾害调查是水库工程地质勘察的主要任务之一,它是进行库区工程地质问题评价的重要依据和基础数据。

对于地质灾害的调查与评价,传统上多采用地面调查方法。由于水库通常位于山区,交通不便、环境恶劣,勘察工作进行十分艰苦。同时,视界限制使地质人员不能整体上掌握地质体的面貌,尤其在西南高山峡谷地区,人力、物力及时间成本耗费巨大。

随着航空航天对地观测技术、计算机技术和电磁波信息传输技术等深入研究,遥感技术得到了迅猛的发展,传感器拍摄能力、影像分辨率均不断提高,在实用化方向上迈出了重要的一步,并被广泛应用于各种国土资源调查与环境评价及灾害监测中。

遥感技术具有时效性强、获取数据范围广与信息丰富的特点。若将遥感技术应用于水库区工程地质勘察,不仅可以用来更新与校对传统调查采用的地形图与地质图,而且对于认识区域构造地质,灾害整体判别与群集分布有着重要意义;同时,由于不同地物对于不同波长有不同的波谱响应,可发挥多光谱的优势,利用光谱信息识别岩性等地表特征。

我国的地质灾害遥感调查是在为山区大型工程建设或为大江大河洪涝灾害防治服务中逐渐发展起来的。有关单位先后在雅砻江二滩电站、红水河龙滩电站、长江三峡工程、黄河龙羊峡电站、金沙江下游溪洛渡、白鹤滩及乌东德电站库区开展了大规模的区域性滑坡、泥石流遥感调查。目前,针对滑坡、泥石流等地质灾害的遥感调查方法,多以目视解译为主,计算机图像处理为辅,将重点区遥感解译成果与现场验证相结合,并利用其他非遥感资料进行综合分析验证。但是,大多数的解译成果只局限于小比例尺的应用,仅仅能满足于项目初级阶段的大致判断,且准确率低、误判率高,难以满足更高设计阶段的高精度要求。随着遥感技术、GIS技术、三维技术及解译分析手段的进步,充分利用现代空间信息技术及三维可视化技术,其精度可以进

一步达到可研阶段以上的要求，大大减轻现场工程地质测绘的工作量。

在上述已有工作的基础上，本书通过在白鹤滩、乌东德、楞古、下尔呷、孟底沟以及腊撒、育瓦迪等多个水电站库区工程地质勘察的研究与实践，综合采用 GIS 与遥感技术，进一步建立了一种新的水库区工程地质遥感调查方法，即层次解译法。该方法从地形解译、影像解译与三维解译 3 个不同层次，对水库区的地层岩性、地质构造与不良地质现象进行综合解译，提高了水库区工程地质调查的精度和效率。

水库区工程地质勘察的内容非常丰富，不仅需要查明水库区的地层岩性、地质构造与不良地质现象等工程地质条件，还需要针对库岸稳定、水库渗漏、塌岸与浸没等可能的水库区工程地质问题进行评价，并提出相应的工程措施建议。

传统上，水库区工程地质条件的评价往往是孤立进行的，适合于有限的重大工程地质问题的分析和评价。这种方法存在的问题是难以获取对水库区工程地质条件的宏观认识，对包括前述水库区工程地质条件调查成果等多种来源、不同种类的信息利用效率不高。为此，通过在多个水库区进行应用实践的基础上，本书提供了一种基于 GIS 与遥感的水库区工程地质问题评价方法。该方法利用前述水库区工程地质条件的遥感解译成果，结合 GIS 的三维可视化系统，针对库岸稳定、水库渗漏、塌岸、浸没及泥石流等不同的水库区工程地质问题分别进行评价。

本书主要内容为：第 1 章从水库区的主要工程地质问题出发，介绍了当前水库区工程地质调查的发展现状，提出了层次解译的概念，并介绍了 GIS 与遥感在水库区工程地质调查中的应用前景（由谢谟文编著）；第 2 章介绍了水库区多源 GIS 系统与三维真彩色遥感影像可视化系统的建立方法和流程（由杨建编著）；第 3~5 章介绍了基于多源 GIS 系统与遥感影像系统对水库区的地形地貌、地质构造与地层岩性等基本地质条件进行三维遥感解译的方法（由谢谟文、张连卫编著）；第 6 章介绍了滑坡、崩塌、堆积体以及泥石流等水库区不良地质现象的层次解译方法，给出了大量解译实例，并对可能的疑难之处做出了简单解释（由陈卫东编著）；第 7 章介绍了依据现行的行业标准开发的基于 GIS 的水库区工程地质条件综合评价方法及其工作流程（由王文远、石安池编著）；第 8 章分别介绍了基于 GIS 对水库渗漏问题进行初步分析与评价的方法（由刘翔宇编著）；第 9 章介绍了一套完整的基于 GIS 的水库区岸坡稳定性评价方法，包括局部岸坡的定量分析、概率分析以及基于边坡单元的分析方法，给出了岸坡危险度分区的方法（由何兴东编著）；第 10~12 章分别

介绍了基于 GIS 对泥石流、水库渗漏、浸没与塌岸等库区工程地质问题进行初步分析与评价的方法（由谢谟文、马睿编著）；第 13 章以某水电站库区工程地质条件的调查与评价为例，介绍了上述方法的实际应用效果（由王立伟编著）。

水库区工程地质调查与评价所涉及的学科门类非常广泛，限于作者水平，本书若有不当之处，敬请读者指正。

请登录 <http://gis.ustb.edu.cn> 相关网站了解更多关于水库区遥感应用的实例。

著者

2015 年 2 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 水库区主要工程地质问题	1
1.2 水库区工程地质调查发展现状	2
1.3 三维遥感解译方法	2
1.4 基于 GIS 的水库区工程地质问题评价方法	3

第 1 篇 基于 GIS 与遥感的水库区工程地质条件解译方法

第 2 章 水库区多源 GIS 系统与三维遥感影像可视化系统	7
2.1 水库区多源 GIS 系统	7
2.2 三维真彩色遥感影像可视化系统	11
第 3 章 水库区地形地貌三维遥感解译方法	12
3.1 流水地貌解译	12
3.2 岩溶地貌解译	15
3.3 冰川地貌解译	18
3.4 地形解译	20
第 4 章 水库区地质构造三维遥感解译方法	22
4.1 岩层产状	22
4.2 褶皱	23
4.3 断裂构造	24
4.4 应用实例	26
第 5 章 水库区地层岩性三维遥感解译方法	29
5.1 岩浆岩	29
5.2 沉积岩	31
5.3 变质岩	33
5.4 第四系松散沉积物	34
5.5 应用实例	35

第 6 章 水库区不良地质现象层次解译方法	38
6.1 不良地质现象定义	38
6.2 不良地质现象解译标准	40
6.3 不良地质现象遥感解译概述	44
6.4 不良地质现象一般解译方法	45
6.5 不良地质现象解译实例	47

第 2 篇 基于 GIS 的水库区工程地质条件综合评价方法

第 7 章 基于 GIS 的水库区工程地质问题综合评价方法	113
第 8 章 基于 GIS 的水库渗漏评价方法	119
8.1 地形分析	119
8.2 地层岩性分析	120
8.3 地质构造分析	120
8.4 应用实例	121
第 9 章 基于 GIS 的水库区岸坡稳定性评价方法	130
9.1 基于 GIS 的库区岸坡三维稳定性分析方法	130
9.2 概率分析方法	131
9.3 基于边坡单元的库岸稳定性层次分析评价方法	132
9.4 崩塌、滑坡红黄区划分	137
9.5 滑坡涌浪分析	138
第 10 章 基于 GIS 的水库塌岸评价方法	141
10.1 基于遥感解译的水库区塌岸范围初步分析	141
10.2 塌岸模式判定	145
10.3 塌岸宽度预测方法	146
10.4 基于 GIS 的水库塌岸危险度评价	149
第 11 章 基于 GIS 的水库浸没分析与评价方法	153
11.1 水库浸没的判断条件	154
11.2 水库浸没范围初步估计	154
11.3 应用实例	154
第 12 章 基于 GIS 的水库区泥石流风险评价方法	157
12.1 泥石流风险评价方法研究进展	157
12.2 泥石流流量计算方法	158
12.3 泥石流过程模拟	160

12.4 泥石流危险性分区 162

第 3 篇 工程应用实例

第 13 章 楞古水电站库区工程地质条件解译与评价 165

13.1 工程背景与研究目的 165

13.2 多源 GIS 系统 167

13.3 库区不良地质现象解译 169

13.4 库区工程地质条件初步评价 214

参考文献 241

第 1 章 绪 论

1.1 水库区主要工程地质问题

水库通过拦蓄上游来水,发挥防洪、发电与通航等作用。水库能否正常蓄水,库区水位变动后是否会影响库岸稳定,是影响水库正常运行的关键因素。此外,库区浸没范围的大小将直接影响到移民规模。因此,水库区工程地质勘察应查明库区浸没范围、可能导致水库渗漏与塌岸、滑坡与崩塌等库岸失稳的工程地质条件。具体而言,水库区主要的工程地质问题如下^[1, 2]:

(1) 水库渗漏。库水向库外低矮邻谷或向大坝下游漏失的现象。

(2) 水库塌岸。水库周边岸坡土体在水位升降、洪水冲刷及风浪侵蚀等作用下发生塌落破坏的现象。

(3) 滑坡。地质体沿地质弱面向下滑动的重力破坏。

(4) 崩塌。地质体在重力作用下,从高陡坡突然加速崩落或滚落(跳跃),具有明显的拉断和倾覆现象。

(5) 堆积体。由过去产生的大量崩塌、滑坡和坡积、冲积等地质作用形成,在地质条件发生变化时,可能失稳并产生新的灾害。

(6) 危岩体。被多组结构面切割分离,稳定性差,可能以倾倒、坠落或塌滑等形式崩塌的地质体。

(7) 泥石流。在山区或者其他地形险峻的地区,因暴雨、暴雪或其他自然灾害引发的携带有大量泥沙及石块的特殊洪流。

(8) 水库浸没。水库蓄水后,水库周边地区地下水位雍高而引起土壤盐渍化和沼泽化、建筑物地基沉陷或破坏、地下工程和矿井充水或涌水量增加等灾害现象的统称。

水库渗漏、塌岸、浸没和库岸失稳是影响水电工程经济效益和社会效益的主要工程地质因素。水库区工程地质勘察任务就是查明水库区的工程地质条件,预测水库蓄水期间可能产生的地质现象,为水库设计和顺利运行提供地质依据^[1]。水库区地质灾害调查是水库工程地质勘察的主要任务之一,是进行库区工程地质条件评价的重要依据和基础数据^[3]。

1.2 水库区工程地质调查发展现状

对于地质灾害的调查与评价,传统上多采用地面调查方法。由于水库通常位于山区,交通不便、环境恶劣,勘察工作进行十分艰苦。同时,视界限制使地质人员不能整体上掌握地质体的面貌,尤其在在我国西南部高山峡谷地区,人力、物力及时间成本耗费巨大。

遥感技术具有时效性强、获取数据范围广与信息丰富的特点^[4-7]。若将遥感技术应用于水库区工程地质勘察,不仅可以用来更新与校对传统调查采用的地形图与地质图,而且对于认识区域构造地质,灾害整体判别与群集分布有着重要意义。同时,由于不同地物对于不同波长有不同的波谱响应,可发挥多光谱的优势,利用光谱信息识别岩性地表特征^[8]。

随着航空航天对地观测技术、计算机技术和电磁波信息传输技术等深入研究,遥感技术得到了迅猛的发展,传感器拍摄能力、影像分辨率均不断提高,在实用化方向上迈出了重要的一步,并被广泛应用于各种国土资源调查与环境评价及灾害监测中^[9-26]。

我国地质灾害遥感调查是在为山区大型工程建设或为大江大河洪涝灾害防治服务中逐渐发展起来的。有关单位先后在雅砻江二滩电站、红水河龙滩电站、长江三峡工程^[27-30]、黄河龙羊峡电站、金沙江下游溪洛渡、白鹤滩^[31]及乌东德^[32,33]电站库区开展了大规模的区域性滑坡、泥石流遥感调查^[34,35]。通过近20年的实践,摸索了一套滑坡、泥石流等地质灾害的遥感调查方法^[36,37],即利用遥感信息源,以目视解译为主、计算机图像处理为辅,将重点区遥感解译成果与现场验证相结合,并利用其他非遥感资料,综合分析,多方验证。

水库区工程地质勘察技术规程中已将遥感作为预可研阶段的库区工程地质调查的必要手段。但当前大多数的解译成果仅仅局限于小比例尺的应用,仅仅能满足于项目初级阶段的大致判断,且准确率低、误判率高,难以满足更高设计阶段的高精度要求。随着遥感技术、GIS技术、三维技术及解译分析手段的进步,充分利用现代空间信息技术及三维可视化技术,其精度可进一步达到可研阶段以上的要求^[38],以大大减轻现场工程地质测绘工作量。

1.3 三维遥感解译方法

三维遥感解译是以遥感信息和地形图为信息源,获取地质灾害及其发育环境要素信息,确定滑坡、崩塌、泥石流和不稳定斜坡的类型、规模及空间分布特征,分析地质灾害形成和发育的环境地质背景条件,并在此基础上编制地质灾害类型、规模、分布的遥感解译图件^[39-41]。

当前,大多数地质灾害调查方法在室内作业中主要采用的地形、遥感数据源均有自身优势与局限性。其中,地形图主要是等高线数据,虽然对宏观和中小型地貌环境均可进行研究,且地形条件也是各类灾害形成的必要条件,但地形图是大地地貌的概括和线化,众多地貌细节被舍弃,在地形图中未被表达出来,且无影像信息表达,缺乏真实感,利用它

进行地质灾害调查仍不够理想^[10, 42, 43]；遥感影像是工程地质判译与地质灾害识别中效果最为显著的内容之一，是地球表面形态缩影的真实写照，形态逼真，能够给人以宏观与直观的感觉，既可进行宏观地貌研究，又可进行微观地貌的分析，十分有利于地貌单元的划分和灾害体的识别^[39, 44~46]。但受成像方式限制，遥感影像表现能力有限，只有局部阴影与色调可表现地物三维空间特征，并且高差较大的地区畸变严重，高山峡谷地区尤其明显^[18, 37, 47]。

因此，结合地形数据与遥感影像的优势，可进一步加强水库工程地质调查的准确性^[15, 38, 44, 48]。具体而言，就是以地形作为解译基础，充分利用遥感信息，并利用仿真技术将地形与影像结合，以更为直观、全面地把握水库工程地质条件，最终更为高效地完成库区地质灾害调查工作。

基于已有的地形图、地质灾害调查成果与收集的卫星遥感信息，通过数字高程模型制作与遥感影像处理，三维遥感解译可在基础图像上重现野外实际环境景观，基于地学原理进行地物识别及定性和定量、时间和空间分析，获取地质灾害及其发育环境信息。解译以人机交互方式进行，主要包括解译标志建立、初步解译、野外验证和详细综合解译 4 个步骤。其中，建立遥感解译标志是指在充分收集和熟悉工作区地质资料的基础上，通过野外实地踏勘，在基础图像上建立典型地质灾害类型、构成要素、地貌、地质构造、岩（土）体类型、水文地质现象和土地覆盖类型等的遥感解译标志。初步解译是指在熟悉工作区地质资料、野外实地踏勘、建立遥感解译标志的基础上，在基础图像上识别地质灾害及其发育环境，了解各种地质灾害的结构特征，圈划边界，指出所有不确定性及疑问点，并编制初步解译草图。初步解译的成果需要通过现场调查进行验证，针对初步解译结果及所有的不确定性及疑问点。在以上工作基础上，可进一步进行详细综合解译，以确认灾害体及类型，确定灾害体及其组成部分，计算覆盖面积（规模）；通过灾害体所处地貌、岩性、产状、斜坡结构、水文及区域地质构造环境解译分析灾害形成的基本地质环境条件及触发因素；分析灾害发育规律，评价其影响及危害，通过空间分析进行灾害危险性分区。最终，在完成上述工作流程后，编制遥感解译图，按工作区范围分幅编制地质灾害及其发育环境遥感解译图。

1.4 基于 GIS 的水库区工程地质问题评价方法

约 80% 的科学数据都具有空间特性，也就是说，它们可以也应该进行空间分析。地理信息系统（Geography Information System, GIS）在自然资源利用及人与环境的协调发展方面提供一个有效的空间框架。GIS 最常用的功能是将信息用地图和符号表现。可视化是胜过任何语言的表现手法，一张地图清楚地表现物体的位置、它们是什么、它们利用何种交通手段到达以及它们的附近有什么等。GIS 也能通过信息的相互分析得到纸地图无法表现的信息。例如，可以将与某一对象属性相关的所有属性用表列出，也可以进行流动模拟^[49, 50]和污染扩散^[51, 52]等。同时，如果采用一个基于 GIS 的岩土力学模型，GIS 也可以很容易地进行边坡稳定性分析。岩土力学模型可以是定量的或概率的，在土木工程和岩土地质工程中广泛用于边坡稳定性分析^[53]。定量模型往往认为可以满足均质和非均质的

边坡稳定性分析,其稳定性判断标准是大家熟知的基于合适的岩土模型和物理力学参数的稳定性安全系数。

基于安全系数的定量分析方法可以在GIS内部也可在GIS外部进行计算。如果计算在GIS外部进行,GIS系统仅仅作为一个空间数据库来进行存储、显示并更新数据等。这种处理方法的优点是可以直接使用现有的模型,不需要花时间将模型综合到GIS系统中;但是,数据的转化是这种方法的主要缺点,由于外部模型的多样性,其数据形式可能非常特别,相对来说,ASCII形式的格式可能是最简单的方式。利用外部模型的另一个缺点是外部模型结果的非空间性与GIS空间特性的矛盾。

为了克服外部模型的缺点,定量分析可以在GIS内部进行。但是在GIS内部进行计算牵涉复杂的算法、迭代计算以及如何在二维的GIS中处理边坡的三维问题。现在采用一维的无限斜面模型可以较方便地计算空间分布的安全系数,但这种模型有其局限性。因此,只有使用复杂的三维模型才能较好地解决这个问题。

调查现有利用GIS进行边坡稳定性评价的应用例子发现,大多数的研究人员主要利用统计方法来分析边坡破坏与各影响因素的关系,利用GIS的叠加功能等得到滑坡灾害图。只有少数的研究人员采用定量的力学模型,而且也仅仅局限于利用无限斜面模型^[54, 55]。

边坡稳定安全系数的定量计算可以是二维或者是三维的,由于在一个区域内有无数个边坡剖面,利用二维模型得到区域内的稳定性空间分布是非常耗时的,因为要分析所有的边坡。

本书主要研究和使用的边坡稳定性分析的三维极限平衡模型,结合基于柱体单元的三维模型和GIS栅格数据,新开发的基于GIS的三维极限平衡模型将用于滑坡灾害评价中的边坡三维稳定分析和用于边坡危险滑动面搜索和稳定性综合评价^[56-59]。

本书所提出的基于GIS的工程地质评价方法是了解决水库工程地质评价而建立的工作方法,主要包括以下几个方面:

- (1) 基于GIS的三维地形分析。
- (2) 基于GIS的滑坡三维稳定性分析及危险性评价(3DSlopeGIS)。
- (3) 基于GIS及三维遥感系统的泥石流流量计算及模拟分析。
- (4) 基于GIS的塌岸预测方法。
- (5) 基于GIS及三维遥感系统的浸没范围初步分析。
- (6) 基于GIS的水库渗漏地形及水文地质分析。

第 1 篇

基于 GIS 与遥感的水库区工程 地质条件解译方法

第 2 章 水库区多源 GIS 系统与三维遥感影像可视化系统

水库区多源 GIS 系统与三维真彩色遥感影像可视化系统是对水库区工程地质条件进行三维遥感解译与评价的基础，需要在充分收集相关数据的基础上建立上述两个系统，以便于三维遥感解译与评价工作的开展。

2.1 水库区多源 GIS 系统

三维遥感解译方法充分利用 GIS 的空间数据管理与计算、分析与统计等功能^[60]，需在收集整理包括地形、地质、遥感影像等多种来源数据的基础上，建立水库区多源 GIS 系统^[61]。在资料收集整理的基础上，应制作将与水库地形地质研究相关的数据资料，全部整理为统一坐标和统一投影方式的 GIS 数据格式的文件，并综合地形、地质、遥感影像、地质灾害及综合资料等多个子库，建立起各项数据的数据格式、属性数据和空间数据内容。

2.1.1 数据库建立

如图 2-1 所示，为实现库区工程地质问题的三维遥感解译，系统数据库应包括地质资料、基础数据、初步解译、坝区、分析与影像等 6 类子库。其中，地质资料应包括库区等高线范围、库区等高线、断层、地层与地层代号等内容；基础数据包括数据范围、地名、道路、房屋、河流中心线、距坝址里程点与 3120m 水位线等数据；坝区包括预水工轮廓（心墙坝与面板坝）、基覆界线、软弱结构面、坝区等高线与坝线等内容；初步解译主要分为堆积体、滑坡、崩塌、危岩体与泥石流共 5 类；分析数据包括坡度、坡向等地形分析数据。

图 2-2 所示为各子库属性数据的结构。其中，河流、道路、地名以及正常蓄水位线等子库的属性数据可主要由系统依据实体对象的类型自动生成。

堆积体、滑坡、危岩体、崩塌及泥石流等 5 类不良地质灾害 GIS 子库的属性数据中，既包含编号、名称等标识信息，也包含反映其与库区相对位置关系的干支流、距坝址距离、岸别等信息。此外，为了给库区工程地质灾害的综合评价提供有效的数据支持，



图 2-1 数据库总目录示意图