地质环境经济评价

—— 理论·方法·案例

☆ 孙卫东　阎军印　著

地震出版社

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

国家“八五”科技攻关课题成果

地质环境经济评价

——理论·方法·案例

孙卫东　阎军印　著

地震出版社

1999

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

内 容 提 要

本书是国家"八五"科技攻关课题"长江三峡工程库区移民开发工程地质环境质量损益经济评价研究"的成果之一。全书对地质环境质量经济评价、工程建设地质环境影响经济评价、区域社会经济规划的地质环境经济论证的理论和方法进行了较为系统的论述，建立了具体的分析评价指标体系和评价模型；并在对评价区域地质环境基础条件进行全面系统分析研究的基础上，对库区主要的开发工程类型（城镇迁建、矿产资源开发、水利水电工程、交通建设工程）进行了研究和评价；以及对库区各种移民开发工程进行了区域性的综合评价。本书既有理论和方法、又具有丰富的案例分析，可作为环境、资源的研究及开发人员、建设项目管理及工程项目的设计等人员的参考用书，也可供相关专业大中专院校师生参阅。

地质环境经济评价
—— 理论·方法·案例

孙卫东 阎军印 著

责任编辑：张友联
责任校对：张晓梅

*

地震出版社出版发行
北京民族学院南路9号
北京地大彩印厂印刷
全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 10.5印张 269千字
1999年1月第一版 1999年1月第一次印刷
印数 001—500

ISBN 7-5028-1518-X/F·94
（2114） 定价：15.00元

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

前　言

环境是人类社会生存和发展的基础，人类在实现社会经济持续、稳定发展的同时，必须重视对环境的保护和改善，实现社会经济发展与生态环境的协调，走可持续发展道路。1987 年联合国世界环境与发展委员会在其发表的《我们共同的未来》报告中，明确地提出了可持续发展的概念。在此基础上，世界各国都相继制定了本国的可持续发展战略。我国在对本国国情进行充分的调查、研究、分析、论证的基础上，提出了《中国 21 世纪议程》，确定了社会经济可持续发展战略。可持续发展问题已成为当前国内外众多专家学者研究探索的问题。

三峡工程规模巨大，举世瞩目，具有防洪、旅游、航运、养殖、发电等多种功能和综合效益。水库淹没移民安置是三峡工程中的重要问题之一。大批城镇的迁建和农村移民的安置以及相应开发工程的实施，对库区的生态环境将带来强烈的干扰。这对于崩塌、滑坡、泥石流等地质环境问题本来就很严重的三峡库区，必将产生更大的影响，相应地会出现一系列的环境地质问题。因此针对不同的移民开发方式，进行地质环境质量损益的经济评价以及在此基础上进行的防止地质环境恶化，保护与合理开发利用地质环境的对策研究，对移民规划的科学决策和实施都是十分必要的。为此，确定了“长江三峡工程库区移民开发地质环境质量损益的经济评价研究”（85-16-04-01-03）作为国家“八五”科技攻关项目的一个子课题进行立项研究。经过近三年的潜心研究（1992 年 10 月～1995 年 6 月）工作，从三个大的方面：库区移民开发地质环境损益经济评价的环境背景；库区移民典型开发工程（城镇搬迁、矿山开采、水利水电、交通运输、农村移民）地质环境质量损益经济评价；三峡库区移民开发工程区域地质环境质量损益经济评价进行了研究。研究成果，具有重要的理论和实际意义，是一份优秀的科研报告，研究成果获得了原地质矿产部科技成果三等奖，同时课题组也被评为“八五”科研工作先进集体。

通过本项目的研究工作，取得了一些进展填补了我国地质环境经济评价的空白，但在很多方面，仍然存在着一些不足，课题结束后，我们仍致力于地质环境经济领域的研究和探索，从地质环境与社会经济可持续发展的关系；地质环境的基本属性；地质环境经济评价的基本要素；地质环境经济评价的基本原则；地质环境经济评价的类型划分等基本问题的分析入手。认真地研究了地质环境经济评价的系统理论、信息理论、控制理论、决策理论和风险理论，初步建立了较为完善的地质环境经济评价理论框架。同时，从分析指标的技术处理方法，到最终评价指标的费用效益分析和综合评价模型的建立，形成了地质环境经济评价的方法

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

体系，并根据工程项目类型的不同，大胆探讨了环境影响经济评价的增量评价法和有无对比法。在此基础上提出了地质环境质量经济评价、地质环境影响经济评价和区域社会经济发展规划地质环境经济论证的经济评价内容体系，总体上建立了一套地质环境经济评价的理论和方法体系，形成了地质环境经济评价这一新的学科雏形，丰富了环境经济学的内容。

基于多年的研究工作，借此出版的机会，编写了这本《地质环境经济评价》，对几年来的研究成果进行了整理，使之更加系统化和完善化，并对研究课题，经过认真的修订，作为分析案例，以便于读者更容易理解。同时，由于地质环境经济评价是一个新的研究领域，探索性很强，加之我们的经验和理论水平有限，缺点错误在所难免，敬请读者给予指正。我们热忱的希望与同行们一道，在共同的研究领域携手共进，共创辉煌。

作者

1999 年 1 月

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

目　录

第一章　地质环境经济评价概述 …… (1)
　第一节　地质环境与社会经济的可持续发展 …… (1)
　第二节　地质环境经济评价的基本问题 …… (4)
　第三节　地质环境经济评价的类型划分 …… (9)
第二章　地质环境经济评价的理论与方法 …… (14)
　第一节　地质环境经济评价的基本因素 …… (14)
　第二节　地质环境经济评价的基本理论 …… (15)
　第三节　地质环境经济评价的方法与模型 …… (20)
第三章　地质环境经济评价的基本内容 …… (29)
　第一节　地质环境质量经济评价 …… (29)
　第二节　地质环境影响经济评价 …… (33)
　第三节　区域社会经济发展规划的地质环境经济论证 …… (38)
第四章　三峡库区自然地理与社会经济现状 …… (42)
　第一节　地理概况 …… (42)
　第二节　自然资源 …… (45)
　第三节　社会经济现状 …… (48)
第五章　三峡工程区地质环境概况 …… (51)
　第一节　地质构造特征与区域稳定性 …… (51)
　第二节　地层与岩土体特征 …… (51)
　第三节　库区水文地质条件 …… (55)
　第四节　库区主要环境地质问题 …… (58)
第六章　三峡库区城市迁建地质环境质量损益经济评价 …… (60)
　第一节　城市迁建地质环境质量经济评价研究的总体思路 …… (60)
　第二节　库区移民城市迁建评价研究的环境背景 …… (62)
　第三节　万县市新址地质环境质量经济评价研究 …… (67)
　第四节　库区迁建城镇新址地质环境质量综合经济评价 …… (83)
第七章　三峡库区矿山开采工程地质环境质量损益经济评价 …… (91)
　第一节　矿山开采工程评价研究的环境背景 …… (91)
　第二节　矿山开采工程地质环境质量损益经济评价指标体系与模型的建立 …… (92)
　第三节　巫山桃花铁矿开采工程地质环境质量损益经济评价 …… (95)
　第四节　矿产资源开发工程地质环境质量损益综合经济评价 …… (100)
第八章　三峡库区水利水电工程地质环境质量损益经济评价 …… (107)
　第一节　库区水利水电工程评价研究的环境背景 …… (107)
　第二节　库区水利水电工程地质环境质量损益经济评价指标体系与模型构造 …… (111)

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第三节　库区水利水电工程地质环境质量损益经济评价……（116）
第四节　水利水电工程地质环境降损对策研究……（124）
第九章　三峡库区交通建设工程地质环境质量损益经济评价……（125）
第一节　交通建设工程评价研究的环境背景……（125）
第二节　交通建设工程地质环境质量损益经济评价指标体系及模型的建立……（127）
第三节　交通建设工程地质环境质量损益经济评价……（132）
第四节　交通建设工程地质环境质量增效降损对策研究……（141）
第十章　三峡库区移民开发工程区域地质环境质量损益综合经济评价……（144）
第一节　区域地质环境质量损益经济评价的基本问题……（144）
第二节　移民开发工程地质环境质量损益经济评价模型的建立……（147）
第三节　移民开发工程地质环境质量损益经济评价……（154）
第四节　地质环境合理开发利用及防灾降损对策研究……（159）
主要参考文献……（162）

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第一章　地质环境经济评价概述

第一节　地质环境与社会经济的可持续发展

一、持续发展的观点提出

环境是人类社会生存和发展的基础，环境与经济的协调是实现21世纪社会经济可持续发展的根本保证，这是国际社会经过长期艰苦的探索得到的经验总结。

本世纪70年代，西方发达国家关于经济增长出现了两大派别。一派是以美国学者威廉·福格特、人口专家W·S·汤普森、生态学家保罗·R·埃利希、学者W·福雷斯特和D·H·梅多斯为代表的经济增长极限论。他们认为，如果世界在人口、工业化、污染、粮食生产以及资源利用等方面按照当时的增长率继续下去，那么未来100年内地球上的经济增长将达到极限。这一学派以罗马俱乐部为思想库，于1972年由美国麻省理工学院的梅多斯教授发表了《增长的极限》一书，提出了“除非在2000年人口和经济增长停止下来，否则社会就会超过限度并垮台”的“零增长论”。在此基础上，还相继出现了“环境保护主义者”和“绿党”等社会组织和政治组织，这些组织将经济技术发展作为环境恶化的根源，主张经济和技术原点发展。这种论点在世界上曾引起激烈的争论，特别是受到发展中国家的反对，因为按照这种逻辑，“富国更富、穷国更穷”的世界格局将永远无法消除[1]。

与上述观点相对立，以美国学者赫曼·卡恩和经济学家朱利安、林肯和西蒙等为代表的乐观主义派提出了“经济发展决定论”。这一理论实际上是传统经济理论的继续，把环境与经济对立起来，认为近200年来的经济发展，大大地改善了人类的福利，使得所有发达国家的期望寿命和健康水平要比两个世纪前有了很大的提高；认为经济增长和技术进步对资源稀缺性具有缓冲作用，发展中国家应把环境质量放在第二位考虑，也应走“先污染后治理”的道路[1]。

针对上述两种不同的观点，发展中国家能否找到一条既能保证经济的持续稳定发展，又能保证生存环境不断改善的发展道路，即走向经济与环境相协调的道路，这就是80年代初由一些国际组织提出的“发展与环境协调论”。

1980年2月，联合国环境规划署、联合国开发计划署、世界银行和各大洲的地区开发银行发表的有关经济发展的环境政策宣言指出：“经济与社会发展是缓和重大环境问题的根本，同时经济发展和社会目标应力求避免造成环境污染，或尽量使污染减少到最低程度”。国际自然和自然资源保护联合会于1980年3月在《世界自然资源保护大纲》中明确要求各国把资源开发和保护紧密地联系起来，制定能够促进资源再循环利用的环境政策和保证资源永续利用的自然保护政策。1984年11月召开的世界工业环境管理大会，其根本目的就是“如何在持续地进行和扩大工业生产的同时，又能使环境得到逐步改善；探讨各种办法，使世界工业能更

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

有效地促进对环境的良好管理，以应付人类面临的严重环境问题”。之后，第38届联合国大会成立的三个专家委员会，分别发表了“共同的危机”、“共同的安全”和“共同的未来”三个纲领性文件，同时提出了“持续发展”是21世纪所有国家正确处理人口、资源、环境和发展相互关系的共同策略，是人类求得生存和发展的唯一选择。1987年，国际环境与发展委员会在其出版的《我们共同的未来》报告中，系统地阐述了“持续发展”战略，作为一个完整的概念被国际社会和政府组织所接受和传播[2]。

二、持续发展的概念及内涵

根据《我们共同的未来》报告，持续发展的最广泛的定义是：“持续发展是既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展[2]。”联合国《关于环境与发展里约宣言》指出：“人类应享有以与自然相和谐的方式，过健康而富有生产成果的生活权利，并满足今世后代在发展与环境方面的需要，求得实现发展的权利。”这两个概念虽然在表达方式上有所差异，但都包含持续发展的两层含义：一是优先考虑当代人，尤其是世界上贫穷人的基本需求；二是在生态环境可以支持的前提下，满足人类眼前和将来的需要。

持续发展的理论源于传统的发展理论和环境与经济相协调的思想，但与传统的发展思想相比，持续发展表现了极为深刻的哲理和丰富的内涵。归纳起来，这些哲理和内涵主要表现在以下几个方面。

1. 持续发展突出强调了发展的主题

持续发展理论彻底否定了经济增长极限论，认为发展是一种改善人民生活的事业或进程，突出强调了发展的主题。但与传统的发展决定论又有本质的不同，传统发展是以高投入、高消耗为其发展的重要手段和途径，以高消费、高享受为其发展的目标和推动力，因而它往往片面地强调发展的经济目标，经济发展速度和发展数量，忽视对资源的保护与污染的防治，以及人口、生态、资源与发展之间的协调。这种发展战略最终招致了自然界的日益频繁的报复和严重的生态环境危机。同时，持续发展与经济增长的概念也有着明显的区别。提高生活水平、改善教育、医疗卫生和提高机会的平等性都是经济发展的重要组成部分。确保政治权利和公民权利是含义更广的发展目标。而经济增长则一般被定义为人均国民生产总值或实际消费水平的增长速度。

2. 持续发展是一种稳定持久的发展战略

由于传统发展决定论单纯强调了经济发展的主题，忽略了经济发展与生态环境、资源、人口等因素的相关关系，因而这种畸型的发展往往是建立在对环境极大破坏的基础上，导致经济发展的巨大波动和发展的短暂性。而持续发展提供了一种新的发展途径，寻求的不仅仅是在几年内的发展，而是在追求遥远将来的持续稳定的发展。

3. 持续发展是一种全球和全人类的发展

发展是全球和全人类共同的和普遍的权利，不是某一地区或国家的特权，无论是发达国家还是发展中国家都享有平等的、不容剥夺的发展权利，特别是对于发展中国家来说，发展权尤为重要，这是持续发展理论的又一主题。因此，持续发展把消除贫困当作是实现可持续发展的一项不可缺少的条件。对于发展中国家来说，发展是第一位的，只有发展才能为解决贫富悬殊、人口剧增和生态环境危机提供必要的技术和资金，同时逐步实现现代化。

4. 持续发展是追求当代人与后代人机会均等的发展

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

持续发展的概念中深刻地强调了当代人在创造今世发展与消费的同时，应承认并努力做到使自己的机会与后代人的机会相平等，不能允许当代人一味地、片面地和自私地为了追求今世的发展与消费，从而剥夺后代人本应享有的同等发展和消费的机会，使后代人不仅继承了污染和资源耗竭，而且也享受到我们以教育、技能、知识和以有形资本表现出来的劳动成果，获得同等的发展机会。

5. 持续发展是一种环境、资源、人口、经济相协调的发展

《关于环境与发展宣言里约》强调指出："为了实现可持续的发展，环境保护工作应是发展进程的一个整体组成部分，不能脱离这一进程来考虑。"持续发展既把环境保护作为它极力追求实现的最基本的目的之一，同时又把建设舒适、安全、清洁、优美的环境作为实现发展的重要目标进行不懈的努力；持续发展把环境保护作为衡量发展质量、发展水平和发展程度的客观标准之一，又把环境建设作为实现发展的重要内容，追求环境、资源、人口、经济的协调。

6. 持续发展是一种摒弃传统生产消费方式和自然观念的发展

《二十一世纪议程》指出："地球所面临的最严重的问题之一，就是不适当的消费和生产模式，导致环境恶化、贫困加强和各国的发展失衡。若想达到合理的发展，则需要提高生产的效率和改变消费，以最高限度地利用资源和最低限度地生产废弃物。"同时，持续发展还强调人类必须彻底改变对自然界的传统态度和观念，要用生态的观点重新调整人与自然的关系，把人类仅仅当作自然界大家庭中的一个普通成员，从而真正建立起人与自然和谐相处的崭新观念。

三、地质环境与社会经济可持续发展

地质环境是构成人类生存环境的重要组成部分，一定区域内矿产资源、土地资源、水资源、森林资源、旅游资源及其他地质环境资源的丰富程度，质量水平、结构组成、空间分布、配套性等是本地区经济发展的资源基础，直接决定着该地区社会经济发展的潜力、速度和水平；区域内环境地质体的地层岩性、结构构造、工程地质、水文地质、地形地貌等条件，直接影响到地区经济发展的投资规模和投资水平；区域地壳稳定性、滑坡、泥石流、崩塌陷落、地面沉降、海水侵蚀、水土流失等地质灾害的数量、规模和发育程度，直接制约着地区社会经济的持续发展；区域空气污染、水污染、土壤污染及噪声污染的严重程度，确定了本地区社会经济发展的潜力和后劲。因此，地质环境质量水平的高低，直接反映了本地区社会经济可持续发展规划能否顺利进行。

过去，无论是发达国家"先污染后治理"的发展道路，还是发展中国家对环境资源不合理的开发利用，都对人类的生存环境造成了极大的破坏。据统计世界上每年有 110000 km^2 森林遭到破坏，其中密林 60000～80000 km^2，疏林 30000～40000 km^2。乱砍滥伐造成森林覆盖率大幅度的下降，造成水土流失，土壤沙化的现象越来越普遍。据统计，因土壤沙化全世界每年损失 60000 多 km^2 土地，其中草原 32000 km^2，靠雨水灌溉的农田 25000 km^2。非洲的撒哈拉大沙漠每年以 5～10 km 的速度向南延伸，扩张沙漠面积达 15000 km^2。目前全世界沙漠化土地面积达 4000 万 km^2，使 100 多个国家深受其害。再加上酸雨、"温室效应"、广泛分布的滑坡、崩塌、泥石流等各种地质灾害，更成为众多国家社会经济发展的桎梏[3]。

我国是一个环境地质灾害多发的国家，以滑坡、泥石流、崩塌为主的地质灾害在全国范

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

围内广泛分布，主要集中于横断山区、黄土高原地区、川北陕南地区、川西北龙门山地区、金沙江中下游地区、川滇交界地区、三峡地区、赣西北地区、北京北郊怀柔密云地区、辽宁岫岩凤城等15个地区。据国家计委国土地区司统计，全国共发育特大型滑坡141处，泥石流149处，崩塌51处；较大型滑坡2210处以上，泥石流2654处以上，崩塌2985处以上，每年因滑坡、泥石流、崩塌灾害造成的直接经济损失为(33～36)亿元，造成的间接损失更是无法估量的。

由此可见，加强地质环境的管理，加强地质环境资源的管理和利用，加强地质灾害的防护和治理，彻底改变传统的资源开发方式和传统的环境观念和意识，不断提高地质环境的质量，提高地质环境对社会经济发展的适宜性和承载能力，走资源开发与环境保护协调、经济发展与地质环境协调发展的道路，是实现21世纪社会经济可持续发展的根本保证，这也正是持续发展理论的根本前提，是世界各国人民经过艰苦探索得到的经验总结。

第二节　地质环境经济评价的基本问题

一、地质环境及其基本属性

（一）地质环境的含义

所谓环境都是相对于一定的主体或一定的中心事物而言的，与任一事物有关的周围空间及其组成，就是该事物的环境。环境科学中所称环境是指以人类为主体的外部世界，是人类赖以生存和发展的各种条件的综合体。它包含各种自然因素和社会因素，是一个包罗万象、无所不在其中的复杂体系。随着科学的发展和对环境认识程度的提高，也为了便于环境的研究、利用和保护，常对环境进行多层次、多结构划分。通常按照环境的主体、环境的范围、环境的组成要素等分类标准进行分类，如按环境的主体分为人类环境、生活环境；按环境的所辖范围分类有：居室环境、车间环境、厂区环境、矿区环境、城市环境、农村环境、区域环境、地球环境、宇宙环境等等；按环境的组成要素分类有：大气环境、水环境、土壤环境、森林环境、草原环境、地质环境、文化环境、自然环境、社会环境等等。由此可见，地质环境是按组成要素划分的，即是以地壳的成分和结构所组成的环境，或者说是由地球表层的组成物质、构造所组成的一个以人类为主体的客观存在实体，是自然环境的组成部分。“地质环境”一词中，“地质”起修饰、限制“环境”的作用，所指环境是指具有地质性质和特点的环境。依据上述，地质环境应具如下含义：①是以人类为主体客观存在的自然实体；②这个实体是为人类服务的；③实体包含地壳的物质组成和结构两类要素。所以，地质环境系指人类生存发展的基本场所，包括地球岩石圈和土壤层两部分地质体的组成、特征和各类地质作用与现象所构成的人类生活、生产条件的总体。这个总体对人类的作用可分为地质资源利用和地质体利用两大类，前者包括矿产、土地、旅游景观和地下水；后者包括地质体的物理、化学特征以及它们对人类和其他生物的适宜性等。这个总体与大气、水、生物，甚至宇宙间都有密切的关系，视为一个相互开放的系统，但从地质环境的研究对象来讲，把它们视为地质环境的影响因素；这种关系(物质、能量交换)常称为“地质作用”[4]。

关于地质环境的空间位置，公认的上限是地表或岩石圈的表面；其下限，从资源开发角度衡量，主要指地壳表层，目前最大深度在5km左右；但从地质体的物理、化学特征以及它

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

们对人类和其他生物的适宜性来衡量，深度则要大得多，特别是区域地壳的稳定程度是决定地质环境适宜性的重要因素，而区域地壳稳定性不仅与地壳的组成和结构有关，与地幔物质组成和流动特征的关系也很密切。所以，地质环境的不限有待进一步研究。

（二）地质环境的基本属性[5]

从以上地质环境的含义可以看出，地质环境具有以下几个方面的特性。

1. 地质环境的系统属性

环境是一个复杂的大系统，地质环境是其中的一个重要的子系统。人类的经济开发活动不断地改变着环境系统的输入和输出，即人类的社会经济活动与环境之间存在着复杂的物质和能量转换关系，表现为环境对经济活动的适宜性和经济活动对环境的影响，进行环境的适宜性评价和建设项目的环境影响评价，其目的就是分析研究环境系统“输入”和“输出”的变化，以采取保护措施，不断控制和优化环境系统的“输入”，提高环境质量，使环境系统的“输入”和“输出”形成一种动态的良性循环，以更好的输出(环境质量)为经济建设和人民生活服务。

2. 地质环境的资源属性

地质环境是一种综合的资源。它的资源属性是由构成地质环境各要素的资源属性体现出来的，按照资源位置与资源利用位置的关系，又可分为原位资源和提取性资源。原位资源是指只能原地利用而不能移至他地利用的资源，如土地资源；可在原地利用又可移至他地利用的资源，称为提取性资源，如矿产资源。需要说明的是，构成地质环境的资源，不仅包括构成地质环境各要素实际的资源，如矿产资源、水资源等，还包括地质体资源，如区域地壳稳定性、地形地貌特征、工程地质和水文地质条件等。另外还包括上述各类资源的协调配套关系，如一定区域矿产资源的种类、分布位置、质量、配套性、开发利用条件等。

3. 地质环境的价值属性

环境既然是一种资源，那么它不仅有使用价值，而且具有价值，环境资源价值包括利用价值、选择价值和存在价值。利用价值是指当代人利用此处环境而获得的经济效益；存在价值是指某种环境资源的存在而具有的价值；选择价值一般是指当代人暂不利用某种环境资源，留给后人利用时获得的效益。人类对环境的开发和利用，就是要实现这种价值的转移，服务于人类。环境价值的大小是随着人类社会的发展程度和人们对环境的认识程度的不同而不同的，这就造成了环境价值的动态性。

4. 地质环境的效益属性

环境价值向人类社会转移和实现的过程，就是环境资源发挥效益的过程，这种环境效益包括可以计量的经济效益，还包括无法计量的巨大的社会效益，当然有时还包含有负效用，如环境灾害损失。研究环境效益实现的过程，其目的正在于使人类的社会经济活动尽量与环境的自然规律相协调，以保证经济效益、社会效益和环境效益的最佳。

二、地质环境经济评价的基本原则[6]

地质环境经济评价是从经济角度采用价值形式，对环境与人类活动之间的相互关系进行的分析、研究和评价，评价过程涉及面广，包含因素多，因而要求在进行具体的评价工作时，必须遵循以下的基本原则。

1. 系统性原则

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

地质环境是包含众多子系统的复杂大系统，人类的各项工程活动又是构成国民经济大系统的重要组成部分。因此，必须研究大系统之间、大系统与子系统之间以及各子系统之间的关系及影响。同时影响地质环境质量的因素是相当繁杂的，包括高、中、低不同层次和不同含义，这就要求在评价过程中尽可能系统地收集数据、资料和信息，采用系统的分析方法，对影响评价的各层次因素全面系统分析。

2. 定量性原则

由于环境经济评价的复杂性，尚没有比较完善的分析评价的理论和方法，以往的评价大多从定性的角度来进行，评价结果缺乏准确性和科学性，有关决策研究部门无法参考，不能满足市场经济的要求和实际工作的需要。定量评价能够客观、准确、迅速地处理各种数据和信息，最大限度地获取和利用信息，使评价结论明确、可靠。

3. 动态性原则

地质环境系统是一个开放的系统，它每时每刻都在同周围环境(其他系统)发生着复杂的物质和能量的转化关系，从而导致地质环境系统本身的不断发展变化，这就要求我们进行地质环境的经济评价时，不能仅仅建立在某一时间点上的评价，必须从动态的角度来综合衡量地质环境的整体水平，确定地质环境经济评价的参数和指标。

4. 综合性原则

由于地质环境经济评价的对象及影响因素的复杂多样性，因而评价中应遵循综合性原则，即学科的综合性、方法的综合性、评价目标的综合性、评价因素或评价指标的综合性。

5. 协调性原则

评价是为决策服务的。地质环境经济评价的目的就是要保证地质环境与社会经济发展的协调。因此，在评价过程中必须遵循协调性原则，既要保证环境资源充分合理的利用，促进社会经济的发展，又要保证对地质环境的保护和改善，实现环境效益、经济效益和社会效益的统一。

6. 实用性原则

关于地质环境经济评价的理论和方法，目前尚处于探索研究阶段，尤其要从价值角度来衡量，对一些指标的定量还是很困难的。这就要求我们在分析研究的过程中，必须注意评价方法的实用性和可操作性，实现评价结果的准确性和评价方法的实用性相结合。

三、地质环境经济评价的意义和作用

地质环境经济评价是环境评价的重要组成部分，也是构成环境经济学的主要内容，虽然在我国开展的时间还不长，但对我国的环境管理决策和经济发展，特别是实现21世纪社会经济的持续发展有着重大的意义和作用。

(一) 地质环境经济评价是实现社会经济可持续发展的必然要求

21世纪社会经济的可持续发展，必须是建立在社会经济活动与环境相协调的基础之上。这就是说，从社会经济角度上，社会经济活动的幅度和力度，即社会经济发展的速度和水平，必须与环境本身的容纳能力和承受能力相协调，在力求社会经济高速稳定地发展的同时，必须保证生存环境质量不能降低，而且还要不断改善；从生态环境角度上，不仅要求环境的质量水平能够满足社会经济发展的需要，而且还必须通过人为的保护和改善，来适应社会经济持续发展以及人民生活对环境质量要求的日益提高。环境经济评价正是建立在这一基础之上，

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

以实现环境与经济的协调为目的，来具体分析人类的各项经济活动与环境之间错综复杂的物质和能量转换关系，不断地调整活动方式，以寻求人类社会经济活动与环境的最佳结合点。如：环境质量经济评价是从构成环境主体各要素的质量出发，在保持环境质量水平和不断改善的前提下，分析现有环境质量水平对人类经济活动的适宜程度；环境影响经济评价则是从特定的社会经济活动类型出发，来衡量其活动过程对周围一定区域内的环境质量产生的影响，以便决策经济活动方式的环境可行性；社会经济发展规划的环境经济论证是以一定区域的环境条件为基础，在保证环境质量水平的前提下，来具体论证未来本地区社会经济发展规划的可行性，从而探索一条既能保证环境质量，又能实现社会经济持续快速发展的环境与经济协调之路。

（二）地质环境经济评价是实现环境经济核算的必然要求[7]

从前述内容可知，环境是一种资源，既然是资源，就应该有价值，就应该纳入国民经济核算体系。但由于我国长期以来形成的“产品高价、原料低价、资源无价”的价格扭曲现象，致使一些地区的经济发展是建立在对环境资源的极大破坏和浪费基础上，环境污染日趋严重，环境灾害频繁发生，恶劣的环境条件反过来又成了经济发展的桎梏。同时，环境资源不参与国民经济核算，不能准确地反映国民经济发展的质量和水平。因此，只有把环境纳入国民经济核算，加强环境的经济管理手段，才能从根本上改变上述的恶性循环，才能保证环境与经济的协调，实现社会经济的持续发展。

1. 环境价值分析是环境经济核算的基础

进行环境经济核算，环境的价值计量是基础，即合理地确定环境资源的价格。而环境资源又是一个包含有众多单项资源的复合资源系统，其中既有原位资源，又有提取性资源；既有一次性资源，又有再生资源等等。这些单项资源的不同特征及相互影响和作用，形成了环境资源具有不同的稀缺程度，也形成了环境资源的复杂性，造成了环境资源定价的困难，尤其是无形的比较虚的资源，如环境的生态平衡、资源配套协调等方面的效用，如何用一套完善的方法进行较为准确的价值测度，仍然是一个比较困难的问题。近年来众多学者的研究和探索，基本上形成了这样一种思路，即采用化整为零的方法。对实物性资源采用直接市场价值法定价，无形的比较虚的单项资源，如森林的涵养水源、防风固沙等功能，采用替代性市场法；而对于无形的比较虚的协调性资源，笔者认为应采用调查法或支付意愿法。

环境是人类生存的基础，但不同时期人们对环境的需求内容和需求范围都是不同的，即随着社会经济的发展，人类对环境资源的需求层次具有可变性。因而不同时期，有不同的环境资源构成，各种环境资源的相对稀缺程度在不断地变化，造成了环境资源价格的可变性，表现为环境价值的动态性。由此说明环境价值分析是一项经常性的工作，只有这样才能适应环境经济核算的内在要求。

2. 环境质量经济评价是环境经济核算的前提

我们说环境经济核算，只是很笼统的说法。究竟环境经济核算如何在社会经济活动中具体实施，一项经济活动的运行如何计入环境资源的消耗，这里不仅涉及到环境价值的计量，而且还关系到环境质量的经济评价。

环境质量经济评价是针对人类开发活动所涉及到的一定的环境区域内，各环境要素以及环境要素总体的状况特征进行的经济分析评价和研究，即人类开发工程实施前的环境质量背景现状的经济评价，其评价目的包括以下三个方面：一是确定一定区域的环境构成和质量现

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

状对人类开发工程活动的适宜性，从而为开发工程的可行性研究提供依据；二是为工程建设的环境影响评价提供基础背景参照体系，从而确定工程活动对环境质量的影响程度；三是为开发工程经济活动中正确地纳入环境资源的经济核算提供基础资料和核算依据。由此看出，环境质量经济评价是进行环境经济核算不可缺少的一环，只有比较准确地确定出环境质量的现状水平，才能保障环境经济核算的合理性。

3. 环境影响经济评价是环境经济核算的依据

在确定某一项人类社会经济活动中环境经济核算的纳入量度，不能仅仅依据环境价值量的大小。对于实物性环境资源可以通过分析开发活动的实物资源消耗量来确定，而对于无形的比较虚的环境资源的消耗，则必须通过工程项目的环境影响经济评价来解决。

环境影响经济评价是依据人类工程活动与环境要素之间相互作用、相互影响的关系，来分析环境与人类工程活动之间复杂的物质、能量和信息的转换关系，从而确定人类工程活动对环境的影响程度，通过环境影响程度的大小和强烈程度，来合理确定项目中环境核算的纳入量，使环境经济核算有据可依。

4. 环境资产管理是环境经济核算的保障

环境既然是一种自然资源，能够为社会带来收益，按照经济学的观点，凡是能够带来收益的财富都是资产。因而环境资源是国有资产，加强国有环境资产的管理，是实现环境经济核算的根本保障。

环境资源作为一种国有资产参与到国民经济核算体系之中，就必然伴随着对这种国有资产的管理和监督，从而在纳入国民经济核算体系的整个过程中，保证环境资源资产的保值和增值，即保证环境资源价值的保值和增值，保证环境质量水平的不断提高，为人类生存及社会经济发展提供一个良好的环境基础。

实施对环境资源资产的管理和监督，是一项涉及面广、包含内容多的复杂工作。在目前的现实情况下，以下几个方面是不能不考虑的：一是实行环境资源的所有权与使用权分离，国家依法享有环境资源的所有权，而使用权和经营权应交给各开发单位，只是针对不同的环境资源，国家实行国有国营、国家控股、国家参股及放开经营等方式，实现对重要程度不同和稀缺程度不同的环境资源的开发利用的控制和分类管理；二是实行环境保护活动的产业化，按照统一核算体系核算它们的投入和产出，和其他产业部门一样，汇入国家的投入产出总表中；三是实行所有权与宏观管理权的分离，目前的办法是成立环境资源管理委员会，国家把宏观管理权交给环境资源管理委员会，环境资源管理委员会通过环境资源资产管理的重大方针政策及法规制定，通过环境资源价值的确定(或称环境资产评估)等经济、政策和法规手段，实现对环境资源的宏观管理和调控；四是强化所有者的监督职能，成立环境资源监督局，环境资源监督局受人民代表大会及其常务委员会的委托，行使环境资源开发、经营和有关环境政策、法规执行情况的监督职能。环境资源资产管理委员会受环境资源监督局的监督，从而考核环境资源资产管理的好坏及其利用效率的高低。

(三) 地质环境经济评价是实现环境科学决策的必然要求

科学的决策需要科学的依据，环境经济评价是环境决策的重要依据，通过对环境各要素、环境质量总体以及环境与人类社会经济活动相互作用关系的分析和研究，揭示出环境的内含经济特征和经济关系，为有关环境决策提供科学依据。如环境质量经济评价就是从经济角度来衡量环境质量水平对社会经济发展的保证程度，从而确定改善环境要素，提高环境质量的

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

方向和途径；环境影响经济评价在于从经济角度考查人类社会经济活动对环境的影响程度，确定投资项目的环境可行性；社会经济发展规划的环境经济论证，则是从环境本底状态出发来研究未来社会经济发展规划的技术可行性和经济合理性，实现环境开发方案的优化，为环境资源的合理开发利用决策提供科学依据。

第三节　地质环境经济评价的类型划分

一、地质环境经济评价的含义

地质环境经济评价就是从地质环境与人类社会经济活动之间相互作用、相互影响的关系出发，从经济角度，运用价值形式，就地质环境对人类社会经济活动的适宜性、人类社会经济活动对地质环境的影响、地质环境开发规划的可行性、地质环境的社会经济承载力、地质环境对社会经济投资的容纳力、地质环境资源的经济价值，以及地质灾害的潜在风险损失等诸多方面进行分析评价和论证，从而为国家有关环境开发政策的制定、环境经济核算的运行、环境开发利用规划的确定、环境治理和保护等环境决策提供科学依据。

二、地质环境经济评价的类型划分[8]

地质环境经济评价是环境决策的基础，但要进行评价，首先必须对地质环境经济评价的类型进行准确的划分和界定，以利于根据评价的目的不同，选择恰当的评价类型，对地质环境作出准确合理的评价。

（一）根据评价的内容划分

1. 地质环境质量经济评价

地质环境质量经济评价是考核在一定的地质环境区域内，地质环境总体或某些要素对人类社会经济活动的适宜程度。由于人类社会经济活动的方式多种多样，各种活动方式对地质环境质量的要求也是不同的，因而，地质环境质量经济评价是一个相对的评价，是相对于某一具体工程活动类型而进行的。但不论是什么样的活动类型，对地质环境质量要求的总体构成都是一致的，都可以从以下几个方面来进行：①地质环境资源丰富程度；②地质环境单元体对工程建设的适宜程度；③地质灾害发育程度；①地质环境污染程度；⑤社会经济发展程度；⑥环境容量饱和程度；⑦最后通过地质环境质量综合经济优劣度等指标来评价具体地质环境单元的质量优劣程度。

2. 地质环境影响经济评价

地质环境影响经济评价是从地质环境与人类工程活动的相互作用出发，分析环境与人类工程活动之间复杂的物质、能量和信息的转换关系，从而考核人类工程活动对地质环境单元带来的正负效益，主要应从以下几个方面来分析：①环境资源消耗费用；②环境污染损失费用；③环境灾害损失费用；④工程建设投资费用；⑤工程建设运行费用；⑥工程建设经济效益；⑦工程建设社会效益；⑧最后通过工程建设地质环境影响综合经济损益度等综合评价指标来反映工程活动对环境的影响程度。

3. 区域社会经济发展规划的地质环境经济论证

区域社会经济发展规划的地质环境经济论证是上述两种评价的综合，是指在一定区域的

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

地质环境条件下，通过分析地质环境对未来社会经济发展规划的适宜程度；分析未来社会经济发展规划的实施对本地区地质环境质量的影响程度，从而研究在现有环境经济容量的范围内，在现有地质环境质量水平不再恶化和有所改善的条件下，社会经济发展规划实施的技术可行性和经济合理性，即探索一定区域内地质环境质量的经济容纳力，探索在目前地质环境质量及一定发展趋势条件下，该区域内社会经济可持续发展的途径。

（二）根据评价的范围大小划分

1. 点环境(小环境)经济评价

这种评价是针对某一具体工程项目的建设和运行对其有限范围内地质环境影响的分析评价，由于其评价的范围相对来说很小，因而一般称为点环境或小环境评价。如某矿山工程的建设和生产，对其周围地质环境的影响评价。这种评价的范围较小，评价内容具体，一般结合工程建设的可行性研究一起进行，构成投资项目可行性研究的一部分。

2. 区域地质环境经济评价

这种地质环境经济评价是针对具有一定规模的地质环境区域而进行的。可以是对本区域地质环境质量现状的评价，也可以是针对区域或成片资源开发对地质环境质量影响的经济评价，如“长江三峡工程库区移民开发工程地质环境质量损益经济评价研究”，这种区域地质环境经济评价一般是单独进行的，采用由点到面的技术路线，评价内容比较全面系统，对区域开发决策具有一定的参考价值。

3. 全国范围的地质环境经济评价

这种评价是从宏观的角度，依据内部一致性最大，外部差异性最大的原则，将全国范围的地质环境划分为若干个评价区域(或单元)，针对各区域的具体地质环境特征进行宏观的分析和研究，确定不同地区环境质量的主题因素，指出不同地区经济发展、资源开发的方向、结构和规模，对地区经济发展规划的制定起到一定的调控作用和指导作用。

（三）根据评价的因素多少划分

1. 单因素地质环境经济评价

构成地质环境的因素很多，如矿产资源、土地资源、地下水资源、地质灾害等等，单因素环境经济评价就是对构成地质环境主体的某一因素的特征、演化等进行的具体分析。这种评价往往是为了满足某些特殊要求和目的而进行的，评价的因素往往也是构成本地区地质环境的主题因素，如为了确定某地区地质环境灾害的特征，以及对社会经济发展的影响程度而进行的地质环境灾害经济评价；为确定某一地区土地资源系统开发利用方式而进行的土地资源经济评价等。这种单因素地质环境经济评价可以是为特殊目的进行的，也可以是常规的评价。

2. 多因素地质环境经济评价

这种地质环境经济评价是比较常见的评价类型，是针对某一地质环境单元内主要地质环境构成因素的质量、特征、演化规律、以及对人类经济活动的作用程度等进行的分析。如为了分析一定区域地质环境基础情况，对未来经济发展的保证程度，需对本地区的主要地质环境因素进行系统的分析，以确定本地区的经济发展战略。

3. 全因素地质环境经济评价

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

这种评价一般属于基础性评价，是国家或行业部门为了全面系统地了解地质环境质量的现状水平，为合理制定本国的或本行业的地质环境开发利用和保护规划而进行的。这种全因素地质环境经济评价一般为长远规划服务的，不经常进行。

（四）根据评价的状态体系划分

1. 本底状态评价

本底状态即现状，指在工程活动实施之前的一定区域地质环境体系各因素以及总体的状态、数量、质量特征的变化、发展趋势和可能的后果等。这里所说的本底状态是指评价的初始状态，不是指背景条件。如三峡工程水库移民区，未进行移民工程前的状态。另外，除移民工程外，本地区还有其他持续的开发活动，地质环境也在不断变化，故本底状态也具有随时间变化的动态特征。

2. 工程开发状态评价

工程开发状态系指人类工程开发实施及其建成后的地质环境体系的状态，考察地质环境体系各因素及其总体在人类工程活动影响下的数量、质量特征和产生的问题，以及发展趋势等。由于人类工程活动的持续性，因而工程开发状态评价也具有动态性。

3. 理想状态评价

理想状态指最佳状态或目标状态，在达到人口、资源、环境协调，社会经济持续稳定发展目标的情况下，地质环境体系各要素和总体能够发挥最佳社会经济功能和效益所应处的状态。它是一种理想状态和人们追求的目标状态，主要用于参照评估本底状态和工程开发状态的差距，优化工程建设以前和建设运营中的开发、保护措施。随着社会经济和科技能力以及人们要求的提高，理想状态及其标准也是不断变化的。

（五）根据评价的侧重性要求划分

1. 地质环境优势经济评价

这是从地质环境要素体系对人类社会经济活动的有利条件的角度进行的评价，寻找本分析区内处于优势的地质环境条件，并分析其目前开发利用情况及进一步开发利用的潜力，为分析区制定产业政策提供依据。如长江流域生态环境旅游资源优势经济评价等，这种评价一般限定在一定的区域内进行，并可作为确定地质环境区划的依据。

2. 地质环境劣势经济评价

这是对评价区内处于劣势的地质环境要素体系进行全面系统的经济评价。目的在于寻找制约地质环境质量，制约地质环境资源开发和制约本地区社会经济发展的主要环境因素，从而确定地质环境治理、改善的目标和实施途径。

3. 地质环境因素配套性经济评价

由于人类的生存和经济活动对地质环境的要求是多方面的，这就要求组成生存环境的各环境因素必须协调配套，只有各环境要素的协调配套，才能保证环境效益的整体发挥。如对矿产资源的开采活动，既要求该环境区域内具有丰富的矿产资源，又要求有配套的水资源，良好的工程地质条件、水文地质条件、地形地貌条件、气候条件等。环境因素的配套程度越高，环境资源利用的效率和可能性就越大。

以上地质环境经济评价的类型划分主要是依据各评价类型的特征来进行划分的，在实际的分析评价工作中，往往根据评价的需要选择某一类型为主要评价内容，配合有其他类型的辅助评价，或者根据评价的多目标性，在同一项评价工作中同时采用几种类型进行评价，选

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

择评价类型的多少，以及各评价类型内容如何协调，应视具体评价任务来确定。

三、地质环境经济评价的总体思路和步骤

地质环境经济评价是一个复杂的系统分析过程，分析评价中应遵循由点到面、循序渐进的工作方法，分析研究的总体思路见图 1-1。

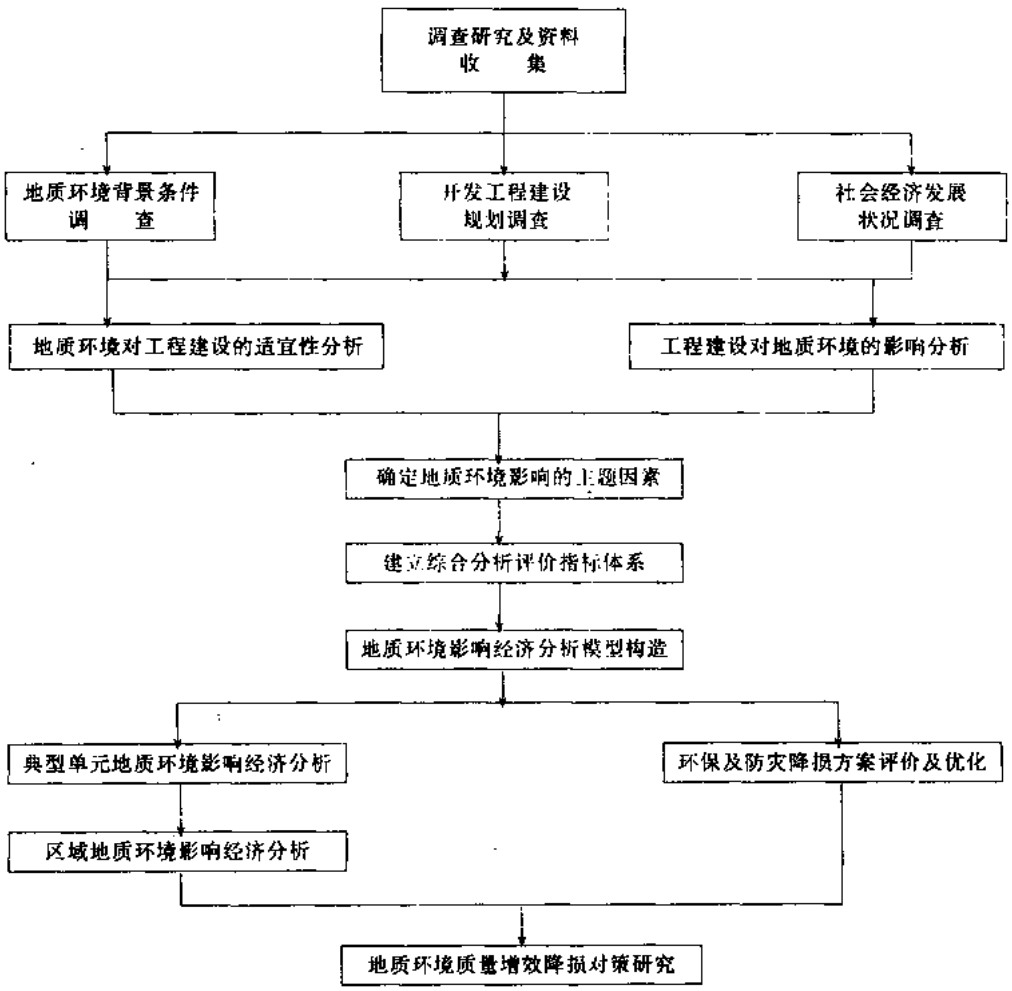


图1 - 1　开发工程地质环境影响经济分析框图

根据分析评价的总体思路，在进行具体评价工作时，应按照以下步骤来进行。

1. 调查研究

调查研究是地质环境经济评价工作的首要环节。实际调查研究时，主要包括地质环境背景条件调查和社会经济发展状况调查，采用点、线、面相结合的方法，在重点开展典型地段地质环境综合调查研究的基础上，开展区域性的调查研究。调查研究工作以专门性调查和典型地段、典型工程的调查为主，辅以适当的路线调查。

2. 确定地质环境评价因素

不同的地质环境单元，具有不同的地质环境特征，即具有不同的主要构成因素。有的地

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

质环境具有矿产资源、水资源、旅游资源；而有的地质环境单元则以土地资源、森林资源、草场资源为特征。对于不同的地质环境，其地质灾害的类型和危害程度也不尽相同。因此，在具体进行地质环境经济评价之前，首先要在对评价区进行详细的环境地质调查的基础上，根据评价区地质环境的特征，确定地质环境评价因素。

3. 资料的收集和整理

资料的收集和整理工作是做好地质环境经济评价的基础，为了保证评价工作的准确和高效，对评价研究中涉及到的各个方面进行全面系统的资料收集过程，并对收集到的资料进行分析和研究，为下一步的分析评价做好准备。具体的资料收集包括地质环境基础资料的收集；评价区域内地质环境资源开发建设规划资料的收集；评价区内社会经济发展状况方面的资料；以及全面收集、分析研究前人有关地质、地貌、水文地质、工程地质、环境地质、开发规划、农业区划和国土规划方面的资料；收集研究经济学、计量经济学、环境经济学、技术经济学、农业经济学、国土经济学等基础学科和应用学科的理论、方法及应用成果资料，充分借鉴和利用其基本理论和基本原理，开展地质环境的经济评价研究。

4. 典型单元的地质环境经济评价

在以上各项工作的基础上，从地质环境的基本特征出发，从基础理论研究着手，遵循实用性、科学性和综合性相结合的基本指导思想，建立典型地质环境单元经济评价的指标体系；将地质科学、环境科学、经济科学及系统科学的理论与方法有机地结合起来，建立地质环境经济评价综合分析模型，就典型单元内的地质环境经济特征进行具体的分析、评价和研究。

5. 进行区域地质环境经济评价

在典型单元地质环境经济评价结果的基础上，通过建立区域分析评价指标体系，进行区域内各评价单元的类比，或者利用综合分析评价模型，进行评价区域内各单元的综合评价，得到各评价单元的综合评价结果。在此基础上，对各地质环境单元进行级别界定，编制出区域地质环境经济评价图件体系。

6. 区域地质环境增效降损对策的研究

对地质环境的经济评价并不是为评价而评价，评价的目的在于对地质环境资源的充分利用和对地质环境的保护和改善。因而，不论在对典型地质环境的经济评价，还是对整个区域的评价，始终渗透着地质环境防灾降损方案的分析和优化，包括配合典型开发工程活动的环保方案和独立于任何开发工程的纯公益性的环保方案及措施，同时，还包括国家或地区有关环境保护和改善方面的政策上的、法律上的、经济上的、行为规范上的、以及教育上的方案和措施的研究。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第二章　地质环境经济评价的理论与方法

第一节　地质环境经济评价的基本因素

地质环境经济评价是一项复杂的工作，涉及的因素很多，必须对这些因素进行全面系统的调查研究、分析和整理，才能保证分析结果的真实全面，这些因素主要包括以下几个方面。

1. 地质环境背景因素

地质环境背景因素是指开发建设项目实施前一定区域内地质环境的现状，包括资源条件，环境污染的种类、范围及程度，地质灾害的分布、规模及危害程度，环境地质体的特征，地质环境容量大小以及社会经济发展水平等基础条件。一定区域的地质环境质量水平的高低，直接反映该地区地质环境对当地社会经济发展的保证程度和潜力的大小。同时，也反映了该地区地质环境对未来开发建设工程影响的承受和消化能力的强弱，因此，地质环境背景条件的好坏，将直接决定评价结果的水平。

2. 工程建设活动因素

工程建设活动因素实际上反映了该地区社会经济发展的规模和速度。人类社会经济的发展，一方面依赖于地质环境，同时又对地质环境产生重大的影响，这种影响包括正反两个方面。正的方面促进了该地区的经济发展，增强了环境保护和环境治理的能力，增强了人们的环保意识等；反的方面消耗了稀缺的环境资源，可能对环境造成污染，或者诱发环境地质灾害发生等。最终人类的这些工程活动对地质环境的影响是正效益大于负效益，还是负效益大于正效益，与人类的工程活动方式、速度、技术水平等直接相关。

3. 社会经济因素

社会经济因素是指一定的地质环境区域内的社会经济发展水平，具体体现在社会经济实力如何，科技水平高低，居民文化教育水平，交通、邮电、通讯等基础设施的好坏，环境意识的强弱，以及进行环境防灾和治灾的技术水平和经济承受能力等。由此可以看出，社会经济因素虽然不是构成地质环境本身的基本因素，但它却与地质环境之间发生着复杂的关系，人类的资源开发活动，是将地质环境资源转化成社会经济实力的中间环节，地质环境资源的开发，大大地促进了社会经济的发展，而社会经济的发展；又会提高人类的防灾、治灾的能力，提高环境保护的深度和力度，提高环境的质量水平。因此，一定环境单元内的社会经济发展状况不同，一方面反映了环境的自治能力和水平；另一方面也反映了对未来地质环境开发建设的适宜能力，是反映环境质量高低和决定地质环境影响程度的重要因素。

4. 政策法规因素

政策法规因素包含的内容很多，既包括关于地质环境开发、保护、防灾、治理等方面的政策和法规，也包括社会经济发展、行业发展、产业布局等有关方面的技术、经济政策和法规。这些政策和法规的制定，一方面反映了对社会经济发展的控制和协调；另一方面也反映了对环境保护的重视与监督。任何一项新的经济政策法规的实施，最终都会关系到对地质环

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

境的影响。

5. 科技进步因素

科技进步因素反映在对地质环境的影响上主要包括以下三个方面：①科学技术的进步，实现了对地质环境资源更充分合理的利用，减少了资源浪费，降低了可能的环境破坏程度；②科学技术的进步，同时又增强了人类征服自然灾害，进行环境综合治理的能力和自觉性；③科学技术的进步，会大大提高人类的文化素质，提高环保意识，增强环境观念。

6. 时间因素

时间因素对地质环境的影响表现为不同的时期，人们对地质环境的认识程度不同，人类对地质环境开发利用的范围和程度不同，因而决定了不同时期地质环境质量的价值基础的差异性、地质环境资源的不同稀缺性，以及人类开发活动对地质环境质量的损耗差异性。时间因素对地质环境影响还表现在具体的评价状态上，地质环境系统是一个开放的、动态变化的系统，地质环境的经济评价仅仅是这个系统在某一确定时刻的综合效应的静态描述，综合效应的改变不仅取决于单个因素的变化，而且取决于因素之间按某种特定规律的组合关系。因此，地质环境的经济评价应建立在因素种类和因素组合关系在时间维上的双重预测基础之上。

地质环境经济评价的基本因素除上述内容外，还包括人们的生活习惯、消费观念、宗教信仰、文化基础等因素，这些因素往往影响人们的生产、生活行为方式，影响人们对地质环境资源依赖、获取和适应的方式，影响地质环境的质量水平。

第二节 地质环境经济评价的基本理论

地质环境的经济评价过程，一方面是对地质环境本身不断认识、研究和深化的过程；另一方面也是对地质环境与社会经济协调发展途径的探索和优化过程。这就要求地质环境经济评价工作的科学性和评价结果的可靠性。

一、地质环境经济评价的系统理论

所谓系统就是由一些为共同目的、目标或意图而结合在一起的，相互之间有着密切联系的，互相制约又互相依赖的元素而构成的有机整体。系统可以是抽象的或者是物理的、具体的。抽象系统是相关思想或观念的有序组合，例如神学系统是一个关于人与神等思想的有序组合。物理系统是为达到一个目标而共同工作的一组元素，我们这里所研究的是物理系统而不是抽象的思维系统。因而我们这里所说的系统是由为实现某一目标或目的而共同工作的若干相互影响的部分组成。

地质环境是一个复杂的大系统，这是地质环境的基本属性，这一系统既是人类生存的基本条件，又是经济发展的物质源泉。地质环境大系统包含了矿产资源、环境地质体、环境污染、环境灾害、环境容量等众多子系统，而且各子系统中又包括很多更小一级的子系统，如金属资源子系统、非金属资源子系统、土地资源子系统、地下水资源子系统、地质旅游资源子系统等等。子系统与大系统之间、子系统与子系统之间，以及子系统与更小一级子系统之间，都存在着复杂的相关关系。这些子系统之间的相互作用和影响，形成了整个系统的运动过程。人类的社会经济活动是改造自然、征服自然的过程，直接作用于地质环境系统，改变了地质环境系统的运行方式和运行结构，影响着系统的输入和输出，人类的这种干扰作用，不

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

断地打破系统的原有平衡，使系统的输出发生着或好或坏的变化。同时，地质环境系统又是一个开放的系统，它不断地与外界其他系统发生着复杂的物质和能量转换关系，使系统不断地由无序状态向有序状态转变，实现系统的自组织和协同。具体地质环境系统结构如图 2-1 所示。

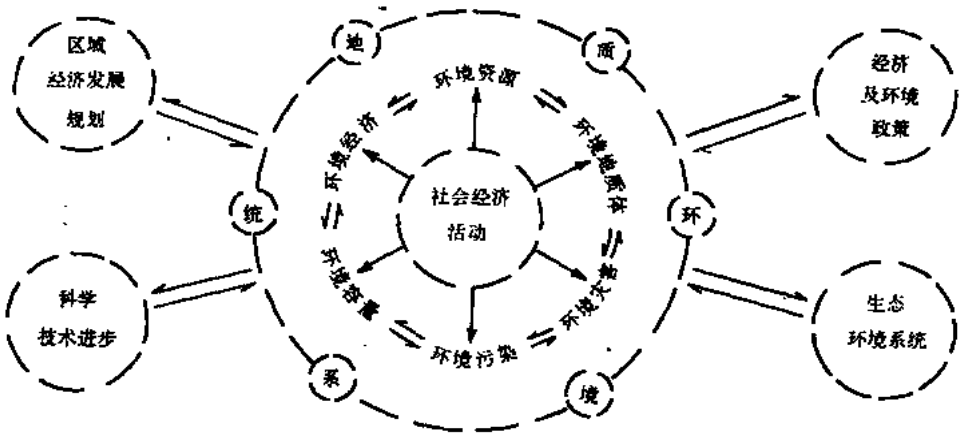


图 2-1　地质环境系统结构体系图

另外，从地质环境经济评价过程和内容来看，也包含着一定的系统特征。如系统调查→系统诊断→系统评价→系统优化→系统决策。从评价内容上看，地质环境经济评价内容也构成了一个完整的分析评价系统，包括评价对象系统、评价空间系统、评价时间系统和评价状态系统。

二、地质环境经济评价的信息理论

人类的社会生活是不能离开信息的。广义信息论把信息定义为物质在相互作用中表征外部情况的一种普遍属性，它是一种物质系统的特征以一定形式在另一种物质系统中的再现。目前，广义信息论的发展已远远地超出了其初创的范围，逐渐成为各行业、各部门以各自系统、各门科学中的信息为对象，广泛地研究信息的本质特点，以及信息的取得、计量、传输、储存、处理、控制和利用的一般规律。作为信息，在信息论中必须具备如下特征。

1. 传递性

信息可以脱离产生它的物质(信息源)而被传递，通过信息传递渠道(信息道)被接收者接受。信息道有多种多样，如文件报表传送、电报电话的通讯传送、电子计算机的软盘及联网传送等。

2. 变换性

信息的存在形式是可以变换的，以便于传送和利用。如拍电报，需要把信息由文字变为数码、点划、电波信号才能发送传播给接收方。

3. 二重性

信息一方面是“客体”事物存在方式和运动状态的表征，另一方面又是“主体”对这些表征的反映。仅是信息发送的内容还不能称其为信息，只有在信息接收者接受之后并消除或

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

减少了不确定性才能称为信息。所以信息具有客观的绝对性和主观的相对性。

4. 能动性

信息是客体事物特征的反映，它的产生、存在和传递依赖于物质和能量，但是当它被主体接收后经过加工处理，又对客体具有巨大的能动作用，反过来能够支配和控制物质和能量的运动和变化。

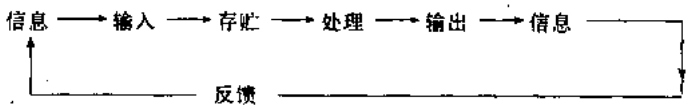
5. 无损耗性

信息的传播和利用，不像物质和能量那样，输送出去或使用过后就消耗了。信息可以广泛传播而被众人接收和利用，而本身并不损耗。

6. 增殖性

信息随着时间的推移，信息之间还可以相互综合而产生新的信息，具有一定的增殖性和扩充性。

信息论使用最多的是信息方法，即运用信息观点，把事物看作是一个信息流动的系统，通过信息流程的分析和处理，达到对事物复杂运动规律性认识的一种科学方法。信息方法的特点是完全撇开对象的具体运动形态，而用抽象化的信息概念作为研究问题的基础，把对象的运动过程抽象为一个信息的传输和变换的过程，并用反馈信息作为保证正常信息流通过程和实现系统预定目标的控制手段，从而能够应用信息的理论观点来研究对象的特征。具体信息流通过程如下：



地质环境经济评价的客体是地质环境系统，而上述地质环境系统的作用方式正是一个复杂信息流的运动过程。由此，我们可以看出，地质环境经济评价过程首先是建立在两大信息系统源的基础之上，一个是地质环境信息系统，一个是社会经济信息系统。地质环境信息系统属于自然信息系统，其信息的直接来源于地质环境监测系统，对地质环境的监测包括常规监测和地质环境灾害监测。正是通过这些监测系统，将大量的有关地质环境的资源状况，地下水、地表水以及土壤的污染状况，地质体的地形地貌、区域稳定性、结构特征状况，地质灾害的类型、分布、规模、强度状况等信息提供给评价者，这些信息状况本身即是研究客体自身运动过程的反映。进行地质环境经济评价所依据的另一个信息源，即社会经济信息系统。由于地质环境经济评价正是评价人类的社会经济活动与地质环境的相互作用，以及对地质环境的影响程度。而这些人类社会经济活动对地质环境的作用方式，正是以信息流的方式来加以反映和体现的，即系统间的信息作用。这就要求我们必须通过社会经济信息系统，来获得大量的基础的、也是对地质环境系统发生作用的社会经济信息，来作为我们进行地质环境经济评价的基础数据资料。地质环境经济评价过程也是一个信息加工、处理和分析研究过程。通过信息方法的分析过程可以看出，信息方法着眼于信息，揭露了事物之间的普遍存在的联系，使得人们研究客观实体的方法，从实体物理模型方法发展到抽象的同态模型方法。地质环境经济评价的分析评价过程，正是源于地质环境系统和社会经济系统而又高于这两大系统本身建立抽象的同态模型，对信息源输出的大量信息进行收集、处理、加工、分析和研究，通过模型的分析运算，达到对系统的认识和研究目的，揭示地质环境的运行特征。地质环境的经

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

济评价过程同时还是一个信息的输出、反馈和控制过程。通过对地质环境的经济评价，得到了一定的信息输出，这些信息的输出和运行又会对地质环境系统的运行起能动作用，改变地质环境系统的运行。同时还对地质环境经济评价工作起到检验和反馈作用，通过信息输出的质量和方向，一方面检验了评价结果与运行结果的吻合程度和评价的合理程度；另一方面通过二者产生的差异，对地质环境经济评价又形成了反馈作用，指导今后的评价过程，以增强环境经济评价的科学性。

三、地质环境经济评价的控制理论

一个系统在自然条件和人为活动的作用下(输入)，按照其内在的规律性运动和发展，达到了一个新的状态，这种状态的反映即为输出。通过比较单元将这一状态与人为活动预测要达到的目标进行比较得出差异，在这一差异的作用下，通过控制单元反馈到系统的输入，以使控制系统朝着人们预想的目标变化和发展。通过这样的反馈过程多次循环，逐步实现目标，完成了这一阶段的运动，这就是控制过程。控制论将人们对主客观认识的差异作为一个重要的概念提出，认为控制是一项以测量偏离计划的差异，并着手对其进行校正，消除差异达到预期目标的活动。

在整个控制过程中，弄清系统运动规律，准确地描述系统的状态，合理地确定控制目标，采取有效的经济控制手段和输入关键的有效的控制变量是四个重要的环节。

地质环境系统是社会经济发展、科技进步、经济及环境政策、生态环境等众多要素的条件约束下，通过人类地质环境开发活动，使系统向着最终规划的目标运行。但实际过程中由于种种原因，导致实际运行结果与规划目标存在着一定的偏差。这就需要不断调整运行状态，使其运行结果不断接近预期目标，即实现系统的控制和优化。同时，人类的地质环境开发活动是一个不断地追求预测目标的过程。一个目标达到了，又有新的目标在前头，因此，整个系统控制过程是一个动态过程，而这个系统动态控制过程的实现，正是通过不断进行的地质环境经济评价过程来实现的，地质环境系统控制过程见图 2-2。

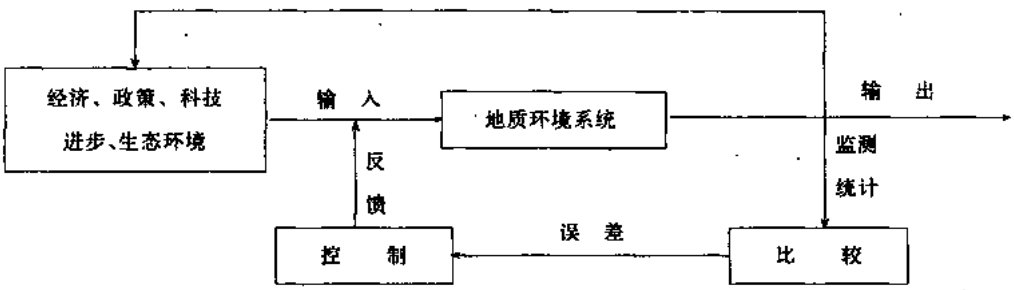


图2-2 地质环境系统控制过程示意图

四、地质环境经济评价的决策理论

决策就是人们为了一个特定系统的目标，根据客观条件的可能性，在占有一定的信息和经验的基础上，借助一定的工具、方法和技巧，对需要决定的问题的诸因素进行准确的计算和选优判断后，所作出的行动对策。概括成一句话，就是根据预定的目标做出某种行动的对

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

策。所以说决策是行动的选择，行动是决策的执行。随着人类社会的不断发展，人们对客观世界的认识不断提高，现代决策科学已具备了很多不同于传统决策的特点。从内容体系来看，它具有新兴学科的特点，它同有关学科，如运筹学、统计学、信息学等交错在一起；从现代科学决策所处理的问题来看，一般多是大的复杂的技术性很强的问题。

决策问题的种类很多，地质环境的经济决策问题是一项复杂的系统决策，按照决策系统的状态，可以分为结构化决策与非结构化决策。所谓结构化决策，是指可以利用数学模型进行决策研究并且可以求出模型的优化解。这种结构化决策的过程，一是建立数学模型，二是求出模型的优化解，三是对解算结果进行具体的分析和评价。作为结构化决策技术，主要有数学模型决策方法、统计决策方法、抽样决策方法和优化决策方法。非结构化决策在决策科学中有十分重要的地位，许多战略级决策都隶属于这一范畴。这类决策过程的目标虽然明确，但是无法建立既能用数学方法描述又能用数学手段求出其最优解的结构化模型，而往往用定性分析与定量判断相结合的非结构化决策技术。例如，定性推理、系统分析、可行性研究、层次分析、解释结构建模，以及许多软科学决策技术[7]。

地质环境经济评价是构成地质环境决策的重要组成部分，其中包含两个层次的决策含义。第一层次的含义是指地质环境经济评价为地质环境决策提供直接的决策依据。如地质环境质量经济评价在于通过分析和评价，搞清楚一定区域内地质环境及社会经济的基础条件，找出有利于本地区发展的地质环境优势和制约本地区发展的不利因素，为地质环境开发、保护等政策的制定，本地区地质环境开发利用方向和途径的决策提供直接依据。地质环境影响经济评价在于通过分析研究人类开发工程建设和运行对地质环境影响的方式和程度，为投资项目的开发决策以及防灾降损方案的决策提供直接依据。社会经济发展规划的环境经济论证在于从技术角度、经济角度、环境角度、政策角度、社会角度等方面对一定区域内社会经济发展规划进行全面综合的论证，以探索未来一定时期内社会的稳定发展与地质环境保护的协调途径，走可持续发展之路。第二层次的含义是地质环境经济评价本身，也包含众多的决策问题。如评价过程中涉及到的不同方案的选择，环保技术的选择，环境地质灾害的防治及合理治理程度等，这些众多决策问题处理的好坏，直接决定着最终评价结果的准确性和可靠性，直接影响到最终决策的科学性。

五、地质环境经济评价的风险理论

风险是指人们在事先能够预计采取某种行动可能发生的所有或好或坏的后果以及每种后果出现的可能性的大小。风险大小不仅反映出现坏的结果的大小，也反映获得风险回报的大小，承担的风险越大，其风险回报也越高，反之亦然。所谓风险回报就是指冒险者进行冒险所可能得到的回报，这种风险回报可能是经济上的，如高额的投资收益；也可能是物质上的或精神上的，如登山探险活动等。与风险密切相关的另外一个概念就是风险程度，风险程度也称风险度，一般是指风险发生的可能性大小和强度。风险程度的大小往往是进行风险决策的重要依据。

既然存在着风险，就必须进行风险分析。风险分析就是确定影响项目经济效益的关键变量及其可能的变动范围，并确定关键变量在此范围内的概率，从而得到定量分析结果。经过风险分析，把本来不确定的因素，通过分析研究其规律，使之转换成确定性因素，为决策提供依据。目前，对于风险分析的方法比较多，但归纳起来可以划分为两类：一类是主观概率

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

法，一类是客观概率法。主观概率法是通过人的主观分析预测，确定事物发生的各种状态以及各种状态发生的可能性大小，如决策树分析法、预后验分析法等等。客观概率法是对于任何一个随机事件某种特定情况出现的概率，是根据抽样调查结果所得到的，如蒙特卡罗模拟技术(Monte Carlo Simulation Technique)。

地质环境决策是一个复杂的风险决策，这种风险包含有两层含义。一个方面是不论是地质环境质量经济评价、地质环境影响经济评价，还是社会经济发展规划的环境经济论证，都是决策前评价，属于事前评价，是为决策服务的。因而，这些评价是建立在对地质环境系统运动的大量资料预测的基础上的，其预测结果与实际运动状况肯定存在着或多或少的差距，造成预测结果与实际结果的不吻合，即产生风险。另一个方面是对地质环境灾害的治理方案的确定上，客观上总是存在着一定的剩余风险，虽然这些剩余风险发生的概率比较小，但事实上总还是存在着发生的可能性，这就使得我们所得到的评价结果存在着一定的风险性。

目前，在环境经济评价中对于风险的处理有两种方法，即保险系数法和优化分析法。保险系数法就是在进行具体的分析评价过程中，通过调整有关的评价参数，如投资回收期、投资收益率、经营成本、价格、产品产量、贴现系数、当量系数等，为可能发生的风险留有一定的“保险费”，使得风险一旦发生可以用来补偿。优化分析法是通过对可能产生的风险进行准确的分析和预测，并对各个风险投资方案进行优化，以最小的风险投入获得最大的风险回报，对于生产经营项目而言，这个最大的风险回报即为最佳的投资收益；而对于防灾项目而言，这个最大的风险回报就是以最小的防灾投资，取得最小的灾害损失。

第三节　地质环境经济评价的方法与模型

一、地质环境经济评价方法概述

地质环境经济评价的方法很多，包括技术经济学、系统工程、运筹学、计量经济学及环境经济学等众多学科的分析研究方法。这些方法从总体特点上，可以大致划分为两大类：费用效益法和模型分析法。

费用效益法最早产生于19世纪。1844年，法国工程师迪皮(Jules Dupuit)发表了一篇题为《公共工程效用的评价》一文，提出了“消费者剩余”的基础，后来发展成为社会净效益的概念，成了费用效益分析的基础。这一方法经本世纪以来，特别是70年代以来的迅速发展，今天已经发展成为应用面很广的分析评价方法。该方法的主要特点是通过完全定量的分析方法，来准确计算各项费用和效益，最后通过效费比(即总效益与总费用之比)或净效益(即总效益与总费用之差)来确定最终评价结果。尽管该方法在众多方面得到了广泛的应用，但由于该方法有一个重要的约束条件，即必须保证各项费用和效益都能够准确地计量，这就大大地影响了本方法的推广，特别是在地质环境的经济评价方面，由于有众多的无形效果的存在，使得其定量计算上存在着很大的难度，虽然近年来有大量的定量方法和技术不断得到创新和发展，但与实际需要仍然存在着一定的差距，因而在实际应用中，本方法得到了进一步的发展，产生了费用效果分析法。费用效果分析通常的理解是，对某个特定目标的不同方案的费用和效果所进行的比较分析，随着费用效果分析应用的日益增多，使人们对其理解发生了变化。目前，一个比较理想的定义是：费用效果分析是通过费用和其达到的效果(或效应)进行多方案比较

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

的一种经济评价方法。根据该定义，费用效果分析可包括两种类型的方法：①在费用相同的条件下，比较各方案的效果，从中找出效果最佳的方案，称为最佳效果法；②在效果相同的条件下，即固定所要达到的目标(可以是多个目标群)，比较所需的费用大小，从中选择费用最小的方案，称为最小费用法。实际中，一般很难符合"费用相同"或"效果相同"的假设条件，这种情况下就用费用效果比作为评价方案的准则，即费用效果比小的方案为优先选取方案。在更为复杂的情况下，有时还需加入其他因素(如技术、管理和传统习惯等)综合考虑[10]。

模型分析法是一种综合的分析评价方法，与费用效益法相比较，这种方法的最大特点是不要求各项评价指标必须是准确定量的，也可以是定性指标，而且各指标可以有不同的数量级和不同的量纲。通过建立综合的能反映系统运动状态的数学模型，来综合反映各评价方案的相对优劣，因而其评价结果只具有相对的优劣，不能反映其绝对的数量关系。

在地质环境经济评价的各种评价方法中，除了划分为费用效益法和模型分析法以外，经常还根据评价过程中不同评价阶段所采用的方法不同，将评价方法分为费用和效果分析技术、指标分析法和综合模型分析法。但在实际评价工作中，上述分析方法往往是结合在一起使用的；如单项工程或单个单元的评价，往往采用定量化程度比较高的费用效益分析法，而对于多项工程或评价区域内的多个评价单元，则往往采用综合型的模型分析法。

二、地质环境经济评价中有关费用和效益的评价技术

地质环境经济评价不论是采用费用效益法，还是采用模型分析法，都体现在最终评价结果上，但在进行最终评价之前，必须对大量的地质环境效益和费用进行测度，这就涉及到地质环境费用和效益的评价技术。

(一) 地质环境的效益评价技术

1. 市场价值法或生产率法

这种方法把地质环境看成是生产要素，环境质量的变化导致生产率和生产成本的变化，从而导致产量和利润的变化，而产量和利润是可以用市场价值来计量的。这样可以通过对后者的测定，来达到对地质环境效益的间接计量，这种方法包括直接市场价格法或生产率法、人力资本法或工资损失法和机会成本法或预定收入法[3]。

(1) 直接市场价格法或生产率法。这种方法的基本依据是把地质环境或组成地质环境的某个要素(如矿产资源)作为经济活动的一个基本投入生产要素。因此，地质环境或组成地质环境的某一个要素的变化导致生产率的变化，从而对产量有影响，这种变化的价值可以用市场价格计算其价值，作为地质环境质量变化的效益或损失值，如大气污染控制引起农作物价值的增加。

地质环境质量变化的效益或损失值用 L_1 表示：

$$L_1 = \sum_{i=1}^{i} P_i \cdot \Delta R_i$$

式中 P_i——i 种产品市场价格；

ΔR_i——地质环境质量变化使 i 种产品增加或减少的产量。

(2) 人力资本法或工资损失法。本方法是用环境污染对人体健康和劳动能力的损害，来估计环境污染或污染控制带来的经济损益的一种方法。环境质量变化对人类健康影响造成的损失主要有三个方面：①过早的死亡、疾病或病休造成的收入损失；②医疗费开支的增加；③

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

精神或心理上的代价。实际分析中，可以将环境污染引起的经济损失分为直接经济损失和间接经济损失两部分。直接经济损失有：预防和医疗费用、死亡丧葬费；间接经济损失有：病人耽误工作造成的损失、非医务人员护理、陪住影响工作造成的经济损失。

地质环境污染或污染防治的费用或效益用 L_2 表示：

$$L_2 = \sum_{t=T}^{\infty} Y_t \cdot P_T^t (1+\gamma)^{-(t-T)}$$

式中 Y_t——预期个人在第 t 年内所得的总收入，扣除他拥有的任何非人力资本的收入；

P_T^t——个人从第 T 年活到第 t 年的几率；

γ——预计到第 t 年有效的社会贴现率。

(3) 机会成本或预定收入法。任何一种自然资源的利用都存在许多互相排斥的备选方案，为了作出最有效的经济选择必须找出社会经济效益最大的方案。资源是有限的，选择了这种使用机会就放弃了另一种使用机会，也就失去了后一种获得效益的机会。我们把其他使用方案中获得的最大经济效益，称为该资源利用选择方案的机会成本。

地质环境资源损失机会成本的价值用 L_3 表示：

$$L_3 = \sum_{i=1}^{n} S_i \cdot W_i$$

式中 S_i——i 种资源单位机会成本；

W_i——i 种资源损失的数量。

2. 替代市场法

当讨论的地质环境要素或功能不能用市场价格表示时，用替代的物品或劳务的市场价格作为确定该地质环境要素或功能价值的依据。主要包括资产价值法、工资差额法或旅行费用法。

(1) 资产价值法或享乐价格法。资产价值法亦称享乐价格法。它是把地质环境质量看作影响资产价值的一个因素，当影响资产价值的其他因素不变时，以地质环境质量变化引起资产价值的变化量来估计环境污染或改善造成的经济损失或收益的一种方法。如空气污染造成的住宅财产价值的下降。

地质环境质量变化所带来的效益或损失用 V_1 表示：

$$V_1 = \sum_{i=1}^{s} a_{qi} \cdot (q_2 - q_1)$$

式中 S——所有资产的数量；

a_{qi}——地质环境质量变化一个单位所引起的 i 类资产价值的增加或减少量；

q_1、q_2——地质环境质量变化前后的量值。

(2) 工资差额法。工资差额法是利用不同地质环境质量下，工人工资的变化来估算地质环境质量变化造成的经济损失或带来的经济效益。工人的工资受很多因素的影响，如工作性质、技术水平、风险程度、周围环境质量等。往往用高工资吸引工人到污染地区工作，如果工人可以自由调换工作，那么工资差额部分则反映了地质环境的质量差异。

地质环境质量变化所带来的损失或效益用 V_2 表示：

$$V_2 = \sum_{i=1}^{n} u_i \cdot (q_2 - q_1)$$

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

式中 n——评价区所有的工人数量；

u_i——地质环境质量变化一个单位所引起的第 i 个工人工资的可能差异值；

q_1，q_2——地质环境质量变化前后的量值。

(3) 旅行费用法。旅行费用法是一种评价无价商品的方法，如地质环境旅游资源价值，不能够直接来测定其真实价值，只能通过旅游者所支出的必要的旅游费来间接地衡量。一般来说，旅行的主要费用包括交通费、有关旅游点的直接花费以及时间的机会成本。

3. 调查评价法或权变评价法

调查评价法或权变评价法就是通过对消费者直接调查，了解消费者的支付意愿或他们对商品或劳动数量的选择愿望。实际应用中，这种方法主要包括投标博奕法、权衡博奕法、无费用选择法、优先评价法和德尔菲法[1]。

(1) 投标博奕法。投标博奕法要求人们对假想的、不同数量或不同质量的各组物品作出估价。估价过程是根据对一组更好的物品的支付意愿(补偿变差)或者对一组次好物品的赔偿接受意愿(等值变差)来进行的，通过询问个人愿意支付的最大钱数或者同意接受的最小赔偿数来得到个人投标曲线，个人投标曲线垂直相加就得到相应地质环境要素的社会总投标曲线(价值)。

(2) 权衡博奕法。权衡博奕法又称比较博奕法。该方法要求个人在多种支出中作出偏好选择。多种支出最简单的情况就是一定数量的货币和一定数量的环境物品，其中后者为基本支出(支出 I)，即只有一定数量的环境物品而没有货币支出；前者为可以选择的支出(支出 II)，即由个人支付的一些钱数和多于支出 I 提出的环境物品数量组成。然后询问每个人，他愿意选择哪个支出，并有计划地改变支出 II 中捐赠的钱数，直到对两种支出的选择一样为止。这样支出 II 中最终确定的钱数，就是个人为增加环境物品数量而作出的货币权衡，即个人对这种增加的支付愿望。最后，通过访问足够多的、有代表性的人群和统计显著性试验，就可以估算出对环境物品增加量的总支付愿望。如对生活环境舒适性的评价。

(3) 无费用选择法。这种方法是用直接询问来确定个人在不同数量物品之间的选择，然后用选择提供的定量数据推断出被访者的支付意愿。这种选择是在多于两个的方案中进行的，而且全部方案都不用真正花钱，即无费用。其中有一个方案是无价格的环境物品，其他方案可以是一笔钱或者是只要有足够收入就能购买到的具体商品。如果是两个方案，那么某个人选择了环境物品，就意品着环境物品的最低定价就是放弃的那笔钱数。

(4) 优先性评价法。优先性评价法是一种力图通过完全竞争市场机制的模拟，找到无价格环境质量物品的支付愿望的一种价值表现方法。这种方法的特征是对一组商品指定起始价值或起始价格，然后逐步调整价值(或价格)，使它们收敛到一组平衡的价值(或价格)，实现总效用最大化。条件是在一定的预算分配约束下，各种商品的效用与价格之比都相等，这样就可以从有价格的商品中推算出无价格的环境物品价值或效益。

(5) 德尔菲法。这种方法是一种综合直接询问专家的信息，来评定特殊物品价值的调查评价方法。该方法的基本程序是，先把最初获得的数值制成表或图的形式，然后记下那些偏离的数据并请专家来解释。把这些资料反馈到整个专家组内去，专家组的每个成员单独地重新评价，得到新的校正值，通过连续几个循环，最后将得到一个评价点分布比较集中的结果，即可以反映评价特殊物品的价值。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）地质环境的费用评价技术

（1）防护费用法。地质环境的破坏，有时很难衡量出其损失的费用，这时只能用减少或消除这种破坏所愿支出的防护费的大小来间接衡量，这时的防护费用就是该地质环境质量的最低隐含价值。

（2）恢复费用法。当地质环境资源或功能已经遭受一定程度的破坏时，必须要付出一定的代价来进行恢复。因此，由于地质环境质量退化降低或由于环境污染而被破坏的生产性资产，其恢复所需要的费用就可以作为估计保护或改善环境规划中的最低期望效益，或作为环境质量损失的最低经济价值。其中“最低”的含义是指即使全面恢复环境功能的退化，也很难挽回和恢复到之前已经形成的经济损失。

（3）影子工程法。影子工程法是恢复费用法的一种特殊形式，该方法是当地质环境的某些要素或功能遭到破坏后，人工建造一个工程来代替原来的环境功能，然后用建造这个工程的费用来估计该环境功能遭到破坏所造成的经济损失。

三、地质环境经济评价的指标分析法

指标分析法是指在对地质环境进行充分的调查、分析和研究的基础上，通过具体评价指标的计算，达到地质环境经济评价的目的。但正如上节所述，地质环境系统是一个由多层次组成的复杂大系统，系统分析的目标是多方面的，这就决定了地质环境经济评价的指标不能是单一的，必须是由多个方面的指标形成的指标体系。就具体地质环境经济评价而言，其指标体系应包括以下几个方面。

1. 地质环境资源方面

地质环境资源主要包括矿产资源、水资源、土地资源、旅游资源等组成地质环境资源系统的各类资源，地质环境资源的质量和水平，直接关系到地质环境的质量水平。反映地质环境资源特征及开发技术特征的指标，如储量、品位、赋存状态、埋藏深度、开发利用难易程度等。但由于地质环境的经济评价往往是针对一定区域范围内的评价，因而，反映该评价区域内的资源质量水平的指标，还应包括上述各类资源之间以及每一类资源内部各种资源的协调关系，如资源的配套性和资源的相对集中程度等。

2. 环境地质体方面

环境地质体主要是构成地质环境的空间实体，有关它的上下界限问题目前仍未有统一的定论，一般趋向于上限为地表，下限到上地幔。这样，从上地幔到地表的空间实体便构成了环境地质体，它仍然属于地质环境资源，但与上述的实物性资源相比，它更多地带有功能性资源的特征。环境地质体也是构成地质环境的重要组成部分，环境地质体的质量如何，也直接关系到地质环境的总体质量水平。反映环境地质体特征的指标主要有，地形地貌条件、环境地质体的物质组成、区域稳定性、工程地质、水文地质条件等。

3. 环境污染方面

地质环境污染主要是指人类的社会经济活动对地质环境的污染程度，如近地表大气污染、土壤污染、噪声污染、地表水体及地下水污染等。地质环境污染的程度和水平，一方面反映了地质环境本身的质量水平；另一方面更反映了人类地质环境开发利用的强度和水平。反映地质环境污染方面的指标主要包括地质环境污染的种类、发布范围、演化规律、规模、强度，以及对人类生存及社会经济发展的危害程度。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

4. 环境地质灾害方面

我国是一个地质灾害非常严重的国家，而且分布非常广泛，在一定的区域内，已成为决定该区域地质环境质量的主导性因素，也成为制约该地区社会经济发展的主导性因素。根据我国地质灾害的主要特征，大致可以划分为两大类，一类是突发性地质灾害，如地震、滑坡、崩塌、泥石流等；另一类是渐变性地质灾害，如海水浸蚀、地面沉降、水土流失、土地沙漠化等。反映环境地质灾害特征的主要指标有：灾害的种类、规模、强度、烈度、发生几率、破坏程度等。

5. 环境容量饱和方面

地质环境各要素的总体构成特征，反映了地质环境的总体质量水平，也反映了地质环境的总体容量水平。地质环境容量是指在一定的地质环境质量水平下，在构成地质环境各要素的有限承受范围内，人类生活及社会经济活动对地质环境的最大干扰程度。反映地质环境容量饱和方面的指标主要有：地质环境容量水平、地质环境容量的构成方式、地质环境容量的饱和程度、地质环境容量的潜力大小等等。

6. 社会经济发展方面

一定区域的社会经济发展程度不是构成地质环境的基本要素，但它又直接决定着该地区地质环境质量水平的高低。一个交通、邮电、通讯等基础设施条件好，经济发展程度高的地区，其对人类开发活动的适宜性远远大于那些经济落后的地区。反映社会经济发展状况的指标主要包括工业总产值、农业总产值、基础设施折合值、科技水平、文化教育水平等。

四、地质环境经济评价的模型分析法[5]

多目标的评价指标体系能够全面地反映出一定区域内地质环境的质量水平，但给决策者带来困难，因为决策者无从依据某一指标进行决策，只能根据个人偏好或是进行综合评价。但由于这些指标的性质差异很大，有的是定性的，有的是定量的，有的是模糊的，这就使得综合评价结果增加了人为因素的影响，在这种情况下，模型法便显示出其优越性。

模型法是通过分析地质环境系统中各因素之间的相互关系，运用变量和函数抽象反映其间的经济关系。借助数学模型对实际系统进行拟合，达到综合评价的目的。地质环境经济评价中用到的模型很多，我们可以把这些模型划分为以下几个方面。

1. 分析指标计算模型

从上述指标分析法中可以看出，地质环境经济评价指标体系包括总评价指标的计算和分项指标的计算，如地质环境资源方面包括矿产资源、土地资源、水资源、旅游资源等。而每一项具体的指标下又包括更细一类指标，如矿产资源又包括黑色金属矿产资源、有色金属矿产资源、非金属矿产资源、贵金属矿产资源等等，而且还可以继续细分，前者是后者之和，这样对于总指标的计算，可以采用如下模型：

$$R = \sum_{i=1}^{n} X_i$$

式中 R——某指标总计算值；

X_i——该指标各分项值。

上式进一步分解得：

$$X_i = f(k_i \cdot w_i \cdot C_i)$$

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

式中 k_i——参加计算的 i 指标的权重或概率；

w_i——参加计算的 i 指标的实物数量；

C_i——参加计算的 i 指标的计算单价。

上述计算公式可以归纳为以下计算模型：

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13}\cdots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23}\cdots a_{2n} \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3}\cdots a_{mn} \end{bmatrix}=(a_{ij})$$

$$B=\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13}\cdots b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23}\cdots b_{2n} \\ b_{m1} & b_{m2} & b_{m3}\cdots b_{mn} \end{bmatrix}=(b_{ij})$$

$$C=\begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13}\cdots c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23}\cdots c_{2n} \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3}\cdots c_{mn} \end{bmatrix}=(c_{ij})$$

$$D=\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_m \end{bmatrix}=(D_i)$$

则可得分析指标计算模型：

$$[A\cdot B^{\mathrm{T}}]\cdot C^{\mathrm{T}}=D$$

2. 典型单元(工程)评价模型

在以上各分析指标计算结果的基础上，结合最基本的费用效益分析方法，建立典型单元或典型工程地质环境经济评价模型。

$$E_1=\frac{\sum_{t=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}C_{ij}\cdot P_t}{\sum_{t=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}B_{ij}\cdot P_t}$$

$$E_2=\frac{\sum_{t=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}(C_{ij}+D_{ij})\cdot P_t}{\sum_{t=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}B_{ij}\cdot P_t}$$

$$E_3=\frac{\sum_{t=1}^{m}(D_{13}+D_{22})\cdot P_t}{\sum_{t=1}^{m}(B_{13}+B_{24})\cdot P_t}$$

式中 E_1——工程建设地质环境影响综合经济损益度；

E_2——工程建设项目地质环境核算基础上的投资经济损益度；

E_3——建设项目配套的地质环境防灾降损效果；

C_{ij}——地质环境第 i 类要素第 j 项费用；

D_{ij}——工程项目第 i 方面第 j 项费用；

B_{ij}——工程项目第 i 方面第 j 项效益；

P_t——第 t 年的贴现系数。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

同时，还可以在上述分析指标计算的基础上，针对各评价地质环境单元，建立地质环境开发费用(风险损失、资源损失等)计算模型及地质环境单元开发利用的价值计算模型，在此基础上建立损益比综合评价模型。

$$R=\frac{\sum Q_i+\sum U_i+\sum Z_i}{\sum V_{1i}+\sum V_{2i}+\sum V_j}$$

式中 R——损益比指数；

Q_i——地质环境开发基本费用模型；

U_i——地质环境灾害风险费用模型；

Z_i——不同种类地质环境资源损失费用模型；

V_{1i}——地面价值计算模型；

V_{2i}——地质环境资源价值计算模型；

V_j——其他资源价值计算模型。

3. 类比分析模型

通过以上评价模型的建立，可以得到典型单元或典型工程的地质环境综合评价结果，但由于地质环境经济评价一般是针对一定的评价区域的，这就需要在典型单元或典型工程综合评价的基础上，进行评价区域各单元或各工程的横向类比，实现评价过程由点到面的结合。

设 $K=[K_1,K_2,K_3,\cdots,K_i,\cdots,K_m]$为各类比工程或单元地质环境质量损益的综合当量折算系数矩阵；$V_i=[X_{i1},X_{i2},X_{i3},\cdots,X_{ij},\cdots,X_{in}]$为第 i 个工程或单元各因素综合当量折算矩阵；$V_0=[X_{01},X_{02},X_{03},X_{0j},\cdots,X_{0n}]$为典型工程或单元各因素综合当量折算矩阵；$A=[a_1,a_2,a_3,\cdots,a_j,\cdots,a_n]$为各因素对环境增效影响权重矩阵；$B=[\beta_1,\beta_2,\beta_3,\cdots,\beta_j,\cdots,\beta_n]$为各因素对环境损害影响权重矩阵；$j=1,2,\cdots,n$ 为类比因素个数。则可得到各评价单元或工程的类比系数计算模型：

$$K_i=\frac{[V_0\cdot A^{\mathrm{T}}]\cdot[V_i\cdot B^{\mathrm{T}}]}{[V_0\cdot B^{\mathrm{T}}]\cdot[V_i\cdot A^{\mathrm{T}}]}$$

由典型单元或工程评价指标计算结果和各单元或工程类比系数，得各类比单元或工程地质环境经济评价计算模型：

$$E_i=K_i\cdot E_0$$

式中 E_i——第 i 个评价单元或工程的评价结果；

K_i——第 i 个评价单元或工程相对于典型评价单元或工程的类比系数；

E_0——典型单元或工程的综合评价结果。

4. 综合评价模型

有关地质环境综合评价的模型很多，如模糊综合评价模型、灰色综合评价模型、层次分析模型、系统动力学模型等，下面介绍几个常用的模型方法。

(1) 密切值评价模型。密切值评价模型是将多个目标系统综合成一个能从整体上衡量地质环境质量水平的单目标，从而确定各评价单元地质环境的质量水平以及对地质环境质量损益的相对优劣程度的方法，具体评价步骤为：①选取评价指标及进行指标值的规范化处理；②选取评价最优集和最劣集；③计算各评价单元的综合评价密切值。评价模型如下：

$$E_i=\frac{d_i^+}{d^+}-\frac{d_i^-}{d^-}$$

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

式中 E_i——第 i 单元地质环境质量综合经济损益度密切值；

d_i^+——第 i 单元指标值与最优状态的密切程度；

d_i^-——第 i 单元指标值与最劣状态的密切程度；

d^+——所有各单元中 d_i^+ 最小者；

d^-——所有各单元中 d_i^- 最大者。

（2）灰色聚类评价法。以各单元为聚类对象 $i(i=1,2,\cdots,m)$，各评价指标为聚类指标 $j(j=1,2,\cdots,n)$，评价类别好、中、差为聚类灰数 $K(K=$好，中，差$)$；d_{ij}为第 i 类聚类对象对第 j 类指标的实测样本值。

灰色聚类的具体步骤为：①计算各评价指标值，构造样本矩阵；②对样本矩阵进行等测度变换；③确定各类别的界线；④建立各类别的白化权函数；⑤赋各指标权重值；⑥计算综合权系数矩阵；⑦判断各样本所属灰类，并画出三角坐标图进行结果分析。

（3）系统动力学方法。系统动力学方法（SD 模型）与上述的评价模型相比，具有能够反映复杂系统的非线性结构特征和动态特征，它是通过对评价对象系统进行动态仿真达到对系统的分析和研究，根据系统动力学的分析过程可知，SD 模型主要有两大功能，一个是预测，一个是优化。

SD 模型的具体分析步骤为：①研究评价单元系统结构；②进行模型变量选择；③确定评价系统的反馈结构图；④建立系统动力学流图；⑤确定表函数和参数值；⑥模型调试和灵敏度分析；⑦进行仿真实验和评价优选。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第三章　地质环境经济评价的基本内容

从地质环境经济评价的类型划分可以看出，地质环境经济评价的内容是很多的。本章主要介绍地质环境质量经济评价，地质环境影响经济评价和区域社会经济发展规划的环境经济论证的评价程序和内容。

第一节　地质环境质量经济评价

一、地质环境质量经济评价的总体思路

地质环境是人类社会经济发展的基础，地质环境的质量如何，直接关系到人类社会经济发展的规模和速度。地质环境质量经济评价就是从经济角度来综合分析研究一定区域内地质环境质量的总体优劣程度，以确定该区域地质环境对人类开发活动的适宜性，为区域社会经济发展规划和建设项目的可行性研究提供依据。

地质环境质量经济评价是一项复杂的分析评价过程，评价过程中既要考虑地质环境的本身要素特征，又要研究社会经济系统、生态环境系统、科技进步等众多因素对其的影响作用。因此在确定地质环境质量经济评价总体思路时(图 3-1)，应注意以下几个方面的问题：

(1) 要充分注意到一定的地质环境区域内，不同地质环境单元的差异性。

(2) 在充分认识到地质环境单元的质量优势的同时，更要对地质环境单元劣势，特别是对本地区社会经济发展产生重大影响的地质环境因素进行足够的重视。

(3) 不仅要对目前的地质环境质量水平作出准确合理的评价，还要按照地质环境的发展演化规律，对其未来一定时期内地质环境的发展趋势进行预测。

(4) 在进行具体的分析评价过程中，要注意抓住分析评价的主题因素。

(5) 要注意最终评价结论的明确性和可参考性。

二、地质环境质量经济评价指标的建立

所谓环境质量是指在一个具体的环境单元内，环境总体或环境的某些要素对人类的生存和繁衍以及社会经济发展的适宜程度。对于地质环境而言，环境质量就是指构成地质环境的各要素对人类的生存和发展的适宜程度，这种适宜程度包括正反两个方面，正的方面是指环境要素为人类的生存和发展所提供的优异条件；反的方面是指环境要素为人类的生存和发展所带来的制约作用。因而，要想全面系统地反映地质环境质量的好坏，必须建立一套完整的评价指标体系，具体应包括以下几个方面：①地质环境资源丰富程度；②地质体对工程建设的适宜程度；③地质灾害发育程度；④环境污染严重程度；⑤社会经济发展程度；⑥环境容量饱和程度。而要从经济角度来衡量地质环境质量水平，还必须使这些指标能够经济量化，这样就可以建立地质环境质量经济评价指标如表 3-1[5]。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

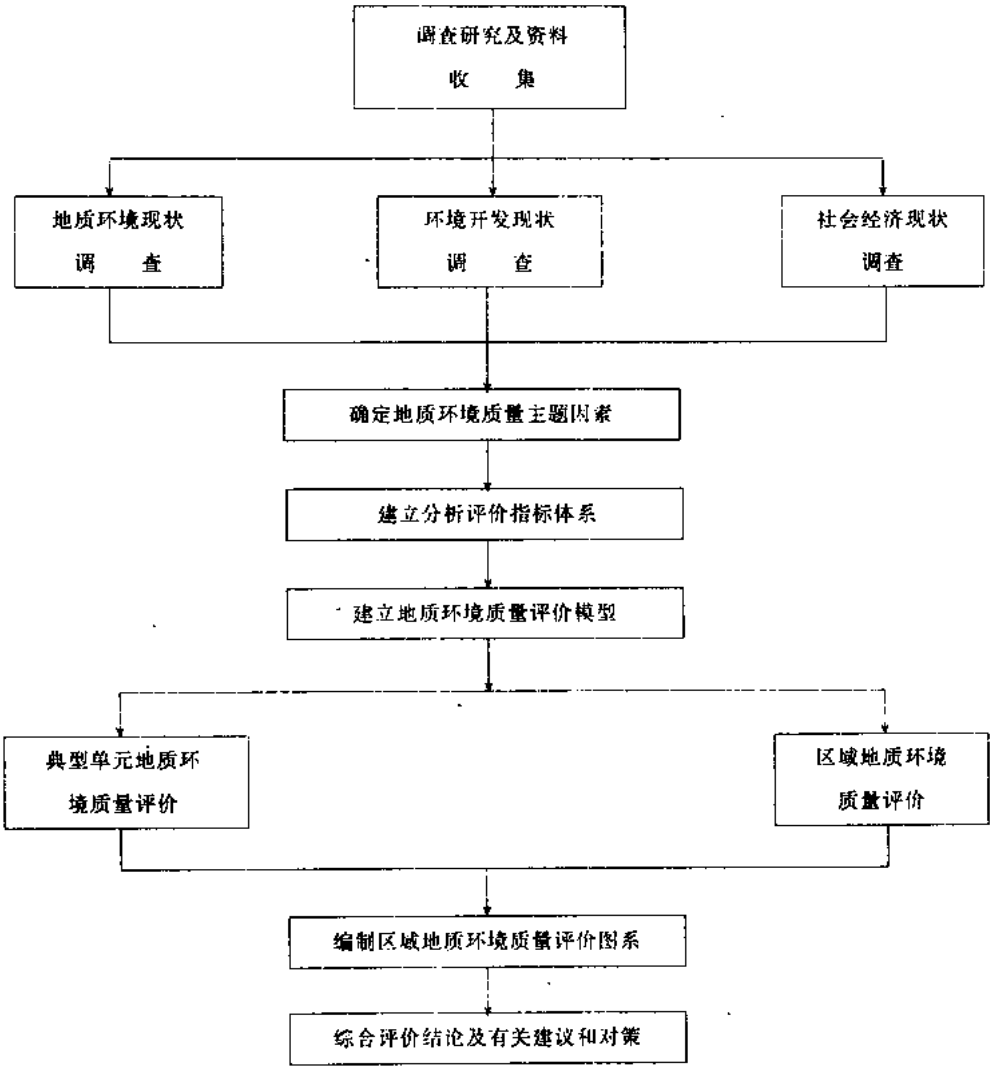


图3－1　地质环境质量经济评价框图

地质环境质量经济评价指标体系可分为两大类：①地质环境因素经济指标，包括6个指标组和26个具体指标；②地质环境经济分析指标包括3个指标组。地质环境因素经指标是基础性指标，反映组成地质环境各要素的价值大小和费用的多少，可以直接用于地质环境质量的评价。地质环境经济分析指标是在地质环境因素经济指标的基础上建立的，是目的性指标，通过这些分析指标可以从经济角度来综合衡量特定地质环境单元质量的优劣，为地质环境开发规划服务。

三、地质环境质量经济评价指标的计算

地质环境因素经济指标是地质环境质量经济评价的基础，如何建立地质环境经济评价的数学模型，对正确地进行环境因素经济指标计算是很重要的。地质环境因素经济指标计算，包括总的环境因素经济指标计算和分项环境因素经济指标计算。前者是后者的总和，反映地质环境各单元各项环境因素经济价值(或费用)的总和。根据上述分析指标计算模型，得具体公式

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 3-1　地质环境质量经济评价指标体系

类　别	指　标　组	具　体　指　标
地质环境因素经济指标	环境资源利用价值	矿产资源利用价值 土地资源利用价值 水资源利用价值 森林资源利用价值 旅游资源利用价值 其他资源利用价值
	工程基础处理费用	地层岩性及构造基础处理费用 地表平整基础处理费用 地层富水基础处理费用
	地质灾害损失费用	地震灾害损失费用 滑坡灾害损失费用 泥石流灾害损失费用 崩陷灾害损失费用 地面沉降及海蚀灾害损失费用 水土流失灾害损失费用 其他灾害损失费用
	环境污染损失费用	大气污染损失费用 水污染损失费用 土壤污染损失费用 噪声污染损失费用
	社会经济状况指标值	工业总产值 农业总产值 基础设施折合值 其他行业总产值
	环境经济容量指标值	当前环境经济容量指标值 预测环境经济容量指标值
地质环境经济分析指标	地质环境质量优劣度 地质环境质量经济损益度 地质环境经济容量饱和度	

如下：

$$R = \sum_{i=1}^{n} X_i$$

$$X_i = f(k_i \cdot w_i \cdot C_i)$$

$$[A \cdot B^{\mathrm{T}}] \cdot C^{\mathrm{T}} = D$$

在上述数据处理模型分析计算的基础上，利用费用效益分析方法，可得一定区域内地质环境质量综合评价指标计算模型：

$$\text{地质环境质量优劣度} = \frac{\text{工程基础处理费用} + \text{地质灾害损失费用} + \text{环境污染损失费用}}{\text{地质环境资源利用价值}}$$

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

$$\text{地质环境质量经济损益度} = \frac{\text{地质灾害损失费用}+\text{环境污染损失费用}}{\text{社会经济总产值}}$$

$$\text{地质环境容量饱和度} = \frac{\text{地质环境单元内人口数}\times\text{单元内人年均收入}}{\text{单元内应有国土产值}}$$

以上三个综合评价指标，第一个反映了地质环境单元本身的优劣程度；第二个反映了目前及未来一定时期该地质环境单元内现有人类社会经济活动对地质环境干扰程度，第三个反映了目前地质环境单元内环境容量的饱和程度，即未来一定时期内社会经济发展的潜力大小。这三个指标全面综合地反映了地质环境评价单元的整体环境质量水平。

四、地质环境质量经济评价的步骤

地质环境质量经济评价是一项复杂的工作，因此，在进行区域地质环境质量评价时，应按照以下的评价步骤进行。

1. 确定地质环境评价因素

不同的地质环境单元，具有不同的地质环境因素。有的具有矿产资源、水资源、旅游资源；有的则具有森林资源、草场资源、土地资源等。对于不同的地质环境，其地质灾害的类型和危害程度也不尽相同。因此，在具体进行地质环境质量经济评价之前，首先要对拟评价环境单元进行详细的调查研究，合理确定地质环境评价因素。

2. 进行资料的收集和整理

地质环境质量经济评价是一项复杂的分析研究过程，为了保证评价工作的准确和高效，对拟研究的各项地质环境因素进行全面系统的资料收集过程，并对收集的资料进行分析和研究，为下一步的分析评价做好准备。

3. 地质环境资源利用价值的计算

地质环境资源利用价值的计算是指一定区域地质环境范围内各种资源的利用价值，并不包括各种环境资源的存在价值和选择价值。如森林资源只分析其作为木材开发利用的价值，并不计算其防风固沙，绿化以及净化空气等方面的价值；工程基础处理费用是反映地质体对工程建设适宜程度的一个经济指标，这个指标具有一定的相对性，必须与规划建设工程类型和规模来具体衡量；灾害损失费用是指各种地质灾害可能发生概率下的经济损失，此指标的计算涉及到地质灾害发生概率的评估，可根据统计资料进行具体的灾害风险分析；地质环境污染损失费用中包括环境污染的直接损失、间接损失和潜在损失，根据实际情况，一般只计算直接损失和间接损失；地质环境质量的高低并不仅仅取决于构成地质环境的自然要素的质量，而且还取决于其社会经济要素的质量水平，在其他要素都相同的情况下，交通发达、社会经济发展水平高的与交通不便、经济落后的地区，其环境质量显然不同，而交通发达程度、经济发展程度与社会总产值直接相联系，可利用该环境单元的社会经济总产值来反映。

4. 综合评价指标的计算

在上述各环境因素经济指标分析计算的基础上，利用综合评价模型，对评价单元进行综合的分析和研究，合理确定其质量水平。并在其典型单元分析评价的基础上，确定各评价单元的类比因素，利用类比分析模型，进行区域内各评价单元的全面评价。

5. 编制区域地质环境质量评价图

在以上综合分析评价的基础上，对各评价单元地质环境质量进行级别界定，编制出区域地质环境质量经济评价图件，这些图件包括：

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(1) 区域地质环境质量优劣度评价图；
(2) 区域地质环境质量经济损益度评价图；
(3) 区域地质环境经济容量饱和度评价图；
(4) 区域地质环境地质灾害风险评价图；
(5) 区域地质环境污染程度评价图；
(6) 区域地质环境资源价值分布图；
(7) 区域地质环境工程基础费用情况分布图；
(8) 区域地质环境开发利用规划建议图。

第二节 地质环境影响经济评价

一、地质环境影响经济评价的总体思路

地质环境影响经济评价又称地质环境质量损益经济评价，即分析研究人类的社会经济活动，特别是地质环境的开发建设活动对地质环境的影响作用，从而为地质环境保护和利用，开发建设项目的可行性研究提供依据。由于地质环境影响经济评价工作涉及的问题很多，实际分析研究中应注意以下问题：

(1) 一定区域的地质环境资源开发建设规划（如区域矿产资源开发规划，区域土地资源开发规划、区域水资源开发规划等）是未来本地区资源开发建设和发展的蓝图，集中体现了未来一定时期内开发建设工程的实施方案，进行地质环境影响经济评价必须以此为依据。

(2) 区域地质环境资源开发建设工程，是由多个单个（典型）开发工程组成的，评价过程中必须遵循由点到面的研究程序。

(3) 单个开发建设工程地质环境影响经济损益分析，必须是在各单项影响因素分析、预测、评价的基础上进行的。

(4) 并不是所有的预测要素都具有明显的研究意义，需要筛选那些随时间变化显著，并对地质环境影响比较明显的地质环境要素，即要确定其主题要素。

(5) 地质环境系统是一个开放的、动态变化的系统，在各因素之间、子系统之间、本系统与外系统之间都存在着复杂的物质、能量和信息的交换、迁移和转化关系，地质环境质量损益仅仅是这个系统在某一确定时刻的综合效应的静态描述，综合效应的改变不仅取决于单个因素的变化，而且取决于因素之间按某种特定规律的组合关系。因此，这种环境影响的经济损益分析，应建立在因素种类和因素组合关系在时间维上的双重预测基础之上。

依据上述的问题和要求，可确定总体的分析研究思路如图 3-2 所示。

二、地质环境影响经济评价的指标体系

从地质环境质量经济评价中可知，地质环境对工程建设的适宜程度包括正反两个方面。同样地，工程建设对地质环境的影响也包括正负两个方面，即正效益和负效用两个方面。正的方面是指项目的建设和运行，增加了环境资源的价值量，提高了地质环境的质量；负的方面

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

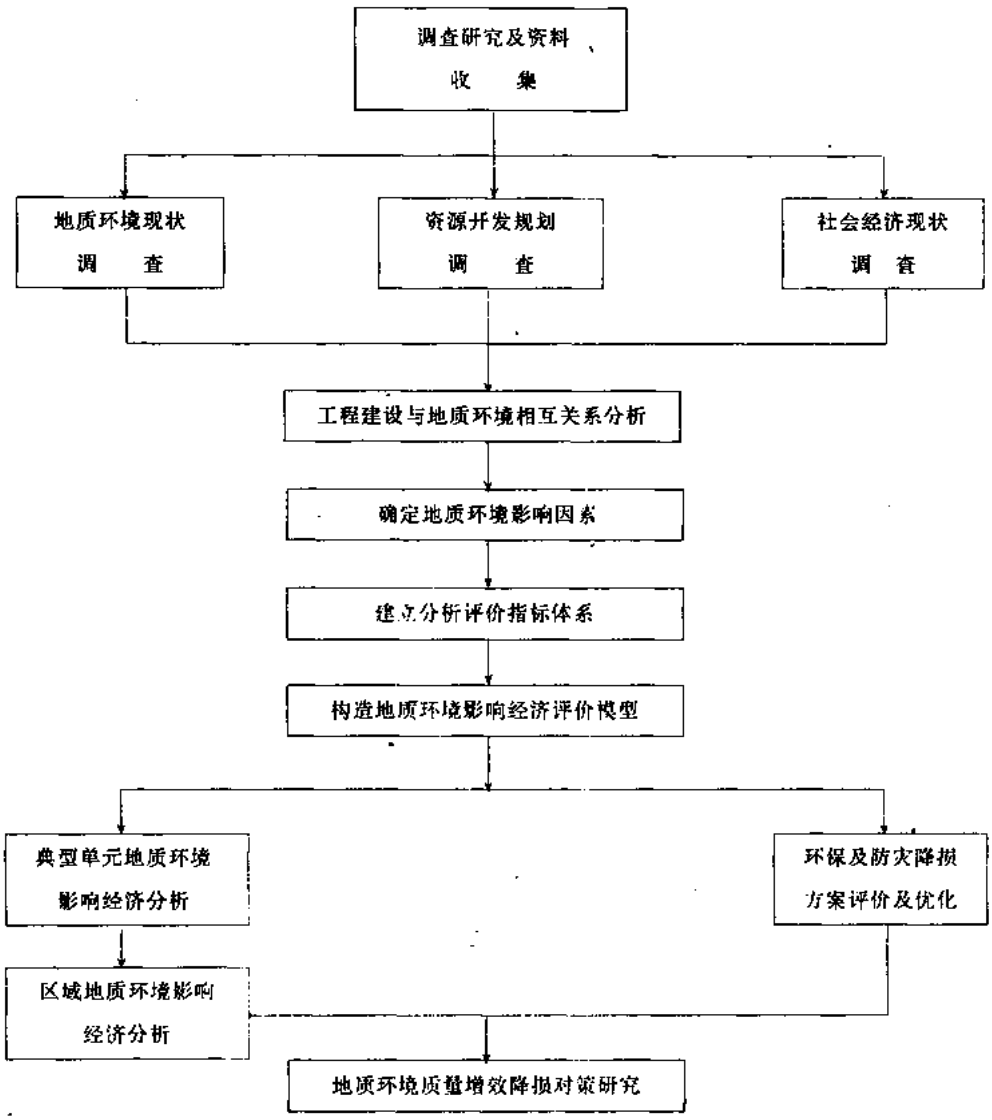


图3－2　地质环境影响经济评价框图

是指项目的建设和运行，恶化了某些地质环境要素，给环境质量造成损害。因而要想全面系统地反映建设项目对地质环境的影响程度，必须把建设项目作为一个独立的系统，从系统的输入和输出建立一套完整的指标体系，具体应从以下几个方面来考虑：①项目的环境资源消耗程度；②项目的投资费用水平；③项目的运行费用水平；④项目的环境污染程度；⑤项目可能引起的地质灾害情况；⑥项目的经济和社会效益水平。而要从经济角度来衡量项目对地质环境影响的损益水平，就必须使这些指标能够经济量化，这样建立的地质环境质量损益经济评价指标体系见表 3-2。

地质环境质量经济评价指标体系包括两大类：①地质环境影响因素经济指标，包括 7 个指标组和 28 个具体指标；②地质环境质量损益经济评价指标包括 3 个指标组。地质环境影响因素经济指标是最基础的指标，反映了建设项目对地质环境的贡献大小和损失费用的多少，可

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

以直接用于对地质环境影响的经济损益分析。地质环境质量损益经济评价指标是在地质环境影响因素经济指标的基础上建立的，是目的性指标，通过分析这些指标，可以从经济角度来综合反映建设项目对特定地质环境单元的影响程度。

表 3-2　建设项目地质环境影响经济评价的指标体系

类　别	指　标　组	指　　标
地质环境影响因素经济指标	环境资源消耗费用	矿产资源消耗费用 土地资源消耗费用 水资源消耗费用 森林资源消耗费用 旅游资源消耗费用 其他资源消耗费用
	环境灾害损失费用	地震灾害损失费用 滑坡灾害损失费用 泥石流灾害损失费用 崩陷灾害损失费用 水土流失灾害损失费用 其他灾害损失费用
	环境污染损失费用	大气污染损失费用 水污染损失费用 土壤污染损失费用 噪声污染损失费用
	建设项目投资费用	主要设施投资费用 辅助设施投资费用 其他设施投资费用
	建设项目运行费用	直接经营费用 间接经营费用
	建设项目经济效益	微观经济效益 宏观经济效益
	建设项目社会经济效益	区域社会经济效益 项目防减灾经济效益 项目“三废”回收利用效益 项目安置就业效益 项目其他社会效益
地质环境质量损益经济指标	建设项目地质环境影响综合经济损益度 建设项目投资经济损益度 建设项目防灾降损方案经济损益度	

三、地质环境影响经济评价的方法和模型

1. 地质环境影响经济评价的基本方法

地质环境质量经济评价是在目前地质环境现状基础上，保持现有地质环境开发建设工程

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

不变的情况下，按照地质环境的自身发展规律及现有社会经济发展规律在未来一定时期内地质环境的质量状况。而地质环境影响经济评价是在现有地质环境系统运行状况基础上，增加地质环境开发建设项目对地质环境的影响作用，由于新增项目的建设，改变了现有地质环境的运行状况，使得地质环境质量总体上发生了变化。因此，进行地质环境影响经济评价可以采用以下两个基本方法。

(1) 有无对比法。由于地质环境开发建设活动是在原有地质环境质量基础上进行的，这样就可以分别评价研究工程项目建设前后(有项目和无项目)情况下不同地质环境系统的运动状态，比较有项目和无项目情况下地质环境系统的质量差异，来分析工程项目对地质环境的影响作用，即有无对比法。采用这种方法，一般利用系统仿真(SD)模型来进行。

(2) 增量评价法。增量评价法是在原有地质环境质量基础上，分析评价新的环境开发建设项目的建设和运行对原来地质环境系统的增效作用和损害程度，分析建设项目对原地质环境质量的净效用来达到分析目的，即增量评价法。采用这种方法，一般利用费用-效益分析方法来进行。

2. 进行地质环境影响经济评价时，需要区别的几个概念[11]

(1) 项目前、项目后和无项目、有项目。项目前和项目后是指静态的某一时点的状态；有项目和无项目是指动态的一个系统过程。因此，项目前只反映未建项目的状况，不反映不建项目对整个计算期内可能的变化状况；无项目则是指不建该项目时的方案，它考虑在没有该项目情况下整个计算期项目可能发生的情况。同样，项目后只是指进行项目建设后地质环境整个计算期内的某一状态；而有项目则包括项目建设后的整个评价期。

(2) 现状数据。它反映建设项目实施前地质环境质量数据，是单一的状态值。评价时，一般可用项目实施前一年的数据。当该年数据不具代表性时，可以选用有代表性年份的数值或近几年数据的平均数。

(3) “无项目”数据。它是指不实施该项目时，在现状基础上，考虑评价期内地质环境质量的变化趋势，经预测得出的数据序列。

(4) “有项目”数据。它是实施建设项目后，地质环境质量的实际数据，是一个数据序列。

(5) 新增数据。它是通过“有项目”情况下地质环境质量数据减去现状地质环境质量数据的差额。

(6) 增量数据。它是通过“有项目”情况下地质环境质量数据减去“无项目”地质环境质量数据的差额。

3. 分析评价的方法和模型[12]

与地质环境质量经济评价相类似，地质环境影响经济评价也存在着分析数据的处理和综合评价。

分析数据的处理：

$$R = \sum_{i=1}^{n} X_i$$

$$X_i = f(k_i \cdot w_i \cdot C_i)$$

$$[A \cdot B^T] \cdot C^T = D$$

得综合评价模型：

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

$$\text{建设项目地质环境影响综合经济损益度} = \frac{\text{环境资源消耗费用} + \text{环境污染损失费用} + \text{环境灾害损失费用}}{\text{项目经济效益} + \text{项目社会经济效益}}$$

$$\text{项目建设投资经济损益度} = \frac{\text{环境资源消耗费用} + \text{环境污染损失费用} + \text{环境灾害损失费用} + \text{项目投资费用} + \text{项目运行费用}}{\text{项目经济效益} + \text{项目社会经济效益}}$$

$$\text{建设项目降损方案经济损益度} = \frac{\text{项目降损方案投资费用} + \text{项目降损方案运行费用}}{\text{降损方案减少污染效益} + \text{降损方案减灾效益} + \text{“三废”回收利用效益} + \text{降损方案其他效益}}$$

以上综合评价指标中，建设项目地质环境影响综合经济损益度是主要评价指标，反映工程活动对地质环境的影响程度。主要评价指标应小于 1，而且指标值越小，反映工程活动对地质环境的损害程度越小。后两个指标为辅助分析指标，反映地质环境核算基础上工程建设投资的可行性和配套防灾及环保工程投资的降损效果。

四、地质环境影响经济评价的步骤

在进行具体的建设项目地质环境影响经济评价时，可按照以下具体步骤进行。

1. 确定研究范围和评价因素

建设项目对地质环境的影响，包括对小环境的影响和对大环境的影响。在具体进行分析评价之前，必须确定合理的研究范围，研究范围太大或太小，都会影响研究结果的真实性和准确性。同时，不同类型的建设项目对地质环境资源的消耗及对地质环境造成的影响的方式和程度都不相同，这就要求我们在具体分析评价之前，结合评价环境单元和建设项目的类型，具体研究建设项目与环境之间的相互差异，确定评价因素。

2. 进行资料的收集和整理

建设项目地质环境影响的经济损益分析是一项复杂的分析研究过程，为了保证评价工作的准确和高效，必须从地质环境单元和建设项目两个方面出发，进行全面系统的资料收集过程，并对收集的资料进行分析和研究，为下一步的分析评估做好准备。

3. 评价因素经济指标的计算

在广泛进行资料收集整理的基础上，运用上述的数据处理技术和模型，分别计算各项地质环境因素经济指标的数值，这些数值和计算结果反映了地质环境开发建设工程对地质环境各方面的影响幅度。与地质环境质量经济评价相类似，影响因素经济指标的计算中，建设项目在建设和运行过程中对各种地质环境资源的消耗，只计算对地质环境资源利用价值的消耗。

4. 进行地质环境影响经济损益的分析并编制评价图

在上述地质环境影响各经济指标计算分析的基础上，计算出建设项目地质环境影响经济损益度指标、建设项目投资经济损益度指标和建设项目降损方案经济损益度指标，对建设项目的地质环境影响进行综合的经济评价，从而编制出评价成果图，为投资建设项目可行性研究和地质环境开发利用决策提供科学依据。地质环境影响经济评价图包括：

(1) 建设项目地质环境影响综合经济损益度评价图；

(2) 建设项目投资经济损益度评价图；

(3) 建设项目降损方案经济损益度评价图。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第三节　区域社会经济发展规划的地质环境经济论证

一、区域社会经济发展规划地质环境经济论证的总体研究思路

区域社会经济发展规划的制定和实施，很大程度上依赖于本区域地质环境的质量和水平。因此，在制定区域社会经济发展规划时，必须以当地的地质环境基础条件为出发点，明确两个规划目标，一是保证社会经济发展的持续稳定；二是在实现社会经济按预定目标发展的同时，保证地质环境质量的不断提高。基于这两个目标，研究本地区地质环境的演化规律，分析社会经济发展的地质环境条件和对地质环境的干扰方式、干扰程度，不断地调整各项参数，对地区社会经济规划各方面进行充分的分析评价和论证（图 3-3），对其实现的途径和可能性进行充分的研究和论证，并对其各个可能的社会经济发展规划方案进行地质环境经济优化，探

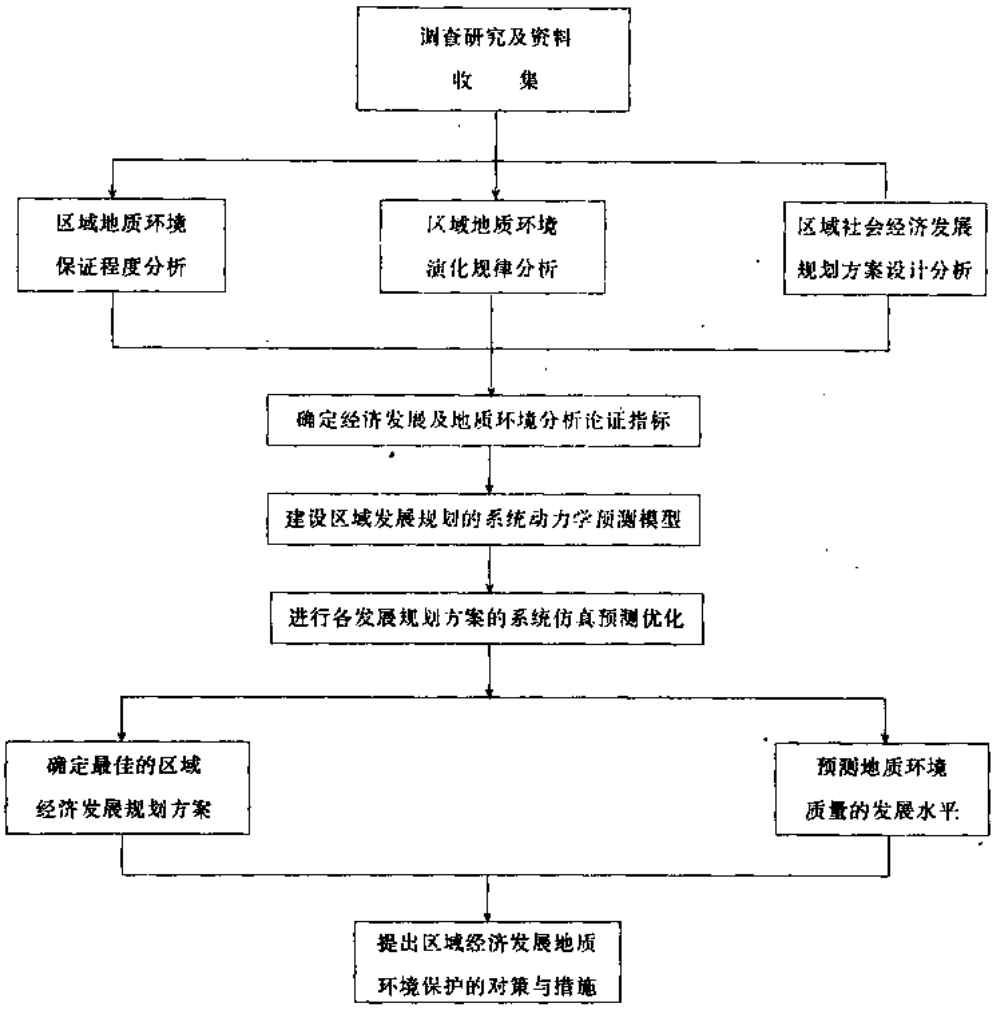


图3－3　区域社会经济发展规划的地质环境经济论证框图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

索其经济发展与地质环境相协调发展的途径，探索出一条本地区社会经济可持续发展的途径。

二、区域社会经济发展规划地质环境经济论证的指标体系

区域社会经济发展规划地质环境经济论证问题的分析和研究过程(表 3-3)，是把地质环境与社会经济作为一个大系统进行研究的，在这个大系统中必须全面系统地研究以下三个方面的问题：

表 3-3 区域社会经济发展规划地质环境经济论证指标体系

类别	指标组	指标
社会经济指标	产业价值产投比	工业价值产投比 农业价值产投比 服务行业价值产投比 环保产业价值产投比
	基础行业投资效果比	交通部门投资效果比 邮电部门投资效果比 水力部门投资效果比 能源部门投资效果比
	社会发展效果	单位产值中科技含量增长率 居民收入增长率 居民消费结构变化率 居民文化水平提高率 社会福利投入增长率
地质环境经济指标	环境资源效果	单位资源产值率 资源综合利用率 资源机会成本损失率 环境资源增值率
	环境污染降低效果	环境污染降低率 环境污染损失率
	环境灾害减少效果	环境灾害发生率 环境灾害损失率 环境灾害风险率
	环境综合效果	环境容量利用率 环境质量优劣度 环境质量损益度

(1) 研究地质环境子系统的特征，即资源条件、工程条件、污染因素、灾害状况、容量条件以及各方面因素的演化规律和趋势，各方面条件对社会经济发展的保证程度和适宜程度；

(2) 研究社会经济子系统的特征，即社会经济结构及布局、产业结构、地区经济发展现状，居民生活水平、居民文化水平、社会基础设施等各方面的状况，以及各方面因素对社会经济发展规划的支持作用和制约作用；

(3) 研究地质环境子系统与社会经济子系统的相互作用关系，尤其要研究社会经济发展

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

规划的实施和运行，对地质环境的影响作用，分析其影响的方式、途径、规模、强度及发展规律，并对其可能的影响结果进行预测。

在上述研究的基础上，不断改变地质环境-社会经济大系统的输入构成，调整其运行变量，不断优化大系统的输出，实现地质环境与社会经济发展的协调。

三、区域社会经济发展规划地质环境经济论证的方法和模型

区域社会经济发展规划的地质环境经济论证中政策变量往往为主要的参数，可以通过不断地调整政策参数，实现社会经济发展规划方案的优化，系统动力学有“政策实验室”的誉称。通过改变模型的有关政策参数，经过系统仿真运算，可得到一定区域地质环境的本底状态系统、开发工程状态系统(经济发展规划各方案)、理想状态系统的运行结果，并通过社会经济发展规划政策变量的变化，得到最佳的社会经济发展规划方案，实现经济发展与地质环境保护的协调。

建模的基本原则为：①实现社会经济的持续、稳定、高效的发展；②实现地质环境的保护和改善。

建模过程中以整个评价区域的地质环境系统为S，以划分的各评价单元为一级子系统，表示为

$$\mathrm{I}(S)=\{S_1,S_2,S_3,\cdots,S_m\}$$

或

$$S=\{S_k\in S|_{1\sim m}\}$$

式中 S——区域评价总系统；

S_k——区域评价一级子系统(评价单元系统)，$k=1,2,3,\cdots m$；表示单元个数。

每个子系统又以工业规划系统、农业规划系统、其他行业系统、社会发展系统等划分二级子系统，表示为

$$\mathrm{I}(S_i)=\{S_{k1},S_{k2},\cdots,S_{kn}\}$$

或

$$S_k=\{S_{ki}\in S_k|_{1\sim n}\}$$

式中 S_{ki}——一级子系统k内部的二级子系统i，$i=1$、2、3、…、n为二级子系统个数。

二级子系统之间的关系可表述为：

$$R_k=\{R_k(i,j)|S_{ki}\times S_{kj}\}\quad(i,j=1,2,3,\cdots,n)$$

式中 R_k——代表第k个一级系统内部的所有关系；

$R_k(i,j)$——二级子系统i和j之间的相互关系；

$R_k(i,i)$——表示二级子系统i内部关系，即$R_k(i,j)$在$i=j$时的特殊情况。

在上述工作基础上，确定其总体反馈机制及SD模型流程图；确定模型变量；通过DYNAMO计算机语言进行仿真预测得到分析结果；并通过模型检验来检验模型的适合性和一致性，完成最终评价过程。

四、区域社会经济发展规划地质环境经济论证的具体分析步骤

为了保证分析评价过程的科学合理，在进行区域社会经济发展规划地质环境经济论证时应遵循以下步骤：

1. 调查研究，收集资料

在进行全面系统的调查研究的基础上，收集有关地质环境状况、地质环境发展演化趋势、

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

社会经济发展现状、社会经济发展规划方面的数据资料，并进行初步的分析、加工和处理。

2. 建立分析评价指标体系

在全面系统地研究地质环境子系统、社会经济子系统以及地质环境与社会经济系统之间相互作用的基础上建立分析评价指标体系。

3. 确定总体反馈机制及 SD 模型流程图

在根据外部差异性最大，内部一致性最大进行评价单元划分的基础上，确定总体的反馈机制，并确定总体评价系统的 SD 模型流程图。

4. 确定模型变量，进行仿真预测

在上述工作的基础上，确定分析模拟过程的各模型变量，并结合模型流程图建立系统方程，用计算机进行模拟计算和预测。

5. 得出评价结果，编制评价结果图

通过计算机的模拟运行，调整状态参数和输入变量，进行仿真预测和优化，确定最佳的社会经济发展规划方案，编制评价结果图，主要包括：

（1）区域地质环境本底状态发展趋势预测图；

（2）最优社会经济发展规划预测结果图；

（3）最优社会经济发展规划实施状态下地质环境发展趋势预测图；

（4）区域地质环境理想状态发展趋势预测图。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第四章 三峡库区自然地理与社会经济现状

第一节 地理概况

长江三峡库区位于长江上游下段，介于东经106°～111°、北纬29°～31°之间，大致呈东西向窄长条分布于鄂西和川东山地间。按正常蓄水位175 m计，区内长江干流纵长600余km；水面面积1084 km²，其中淹没陆地面积632.1 km²，涉及重庆市和涪陵、万县、宜昌、恩施地区(州)的24个市、县。水库区自然地理环境复杂。

一、地形地貌

库区在地势上位于我国第二阶梯东缘，地形起伏较大，地貌类型复杂。总体地势特征为东高、西低，南北两侧高，中部长江一线最低。区内山脉总体走向与大的构造线方向一致，地貌形态及规模明显受控于地质构造格局，背斜成山、向斜成谷。在新构造运动影响下，山体上部有多级台面发育，显示出峰峦叠嶂、河谷深切的地貌景观。大致以奉节为界，分为两大地貌单元(表4-1)。奉节以东为深嵌于巫山山脉中的三峡中、低山峡谷区，长约160 km，称为"三峡段"；奉节以西地势较低，河谷较宽，为四川盆地东部的低山丘陵宽谷区，长约450 km，称为"红层段"。

三峡水库系一典型的河谷型水库。库区由丘陵、中低山和峡谷等地貌类型组成(图4-1)。"三峡段"以大巴山、巫山山脉为骨架，山脉东部呈近南北向展布，中、西部呈北－南西向延伸，展现一派以侵蚀作用为主兼有溶蚀作用的中低山峡谷地貌景观。因受岩性的影响，本区各段地貌又有所差异。西陵峡(南津关—莲沱、庙河—香溪)巫峡(官渡口—巫山)和瞿塘峡(大溪—奉节)等地段，均为碳酸盐岩构成的中山峡谷地貌，山势高峻，峡谷深幽，山地高程1000～1400 m，谷宽一般150～250 m。

库首附近的西陵峡中段(莲沱—庙河)以及西陵峡、巫峡、瞿塘峡之间的过渡地段(香溪—官渡口、巫山—大溪)分别由结晶岩和层状碎屑岩构成低山－丘陵中宽谷地貌。山地高程600～1000 m，河谷宽为200～300 m。

"红层段"位于自奉节县城上溯至库区地段的川东低山丘陵区，地貌特征以一系列平行的条状中低、低山山脉为骨架，间布相对较低的台状山地或丘陵地，并零星见有流水堆积的阶地。奉节至涪陵段，由层状碎屑岩组成。长江流向与山脉走向基本一致，两岸山体高程由1000～800 m渐变为600～400 m，谷宽800～1000 m。涪陵至江津段，山地山高程一般300～950 m，河谷摆脱条形山脉的夹持，横穿构造线伸展，丘陵宽谷与低山峡谷相间呈藕节状。宽谷区由碎屑岩组成，谷宽800～1500 m，峡谷区由碳酸盐岩和碎屑岩组成，谷宽300～400 m。

受晚近期大面积掀斜式间歇性隆起影响，库区山体上部发育了5～6级剥夷面，长江河谷断续残留分布5～6级阶地。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 4-1　长江三峡工程库区地貌分区特征表

地貌区	分段范围	分段长度/km	地质构造部位	岩石类型	河谷地貌特征	山地高程/m	岩坡坡度/(°)	河谷宽度/m	河槽深度/m	主要支流名称
三峡中低山峡谷区	三斗坪—美人沱	15	黄陵背斜核部	坚硬块状岩浆岩	低山丘陵宽谷	200～500	10～20	200～300	80	茅坪溪
	美人沱—庙河	1	黄陵背斜核部	坚硬块状变质岩	中山—中低山中宽谷	1000左右	15～35	200～250	80	
	庙河—香溪	39.2	黄陵背斜西翼	碳酸盐岩	高中山—中山峡谷	1000左右	>45	150～250	90	九湾河 香　溪
	香溪—牛口	29	秭归向斜	软硬相间层状碎屑岩	中山—低山中宽谷	>1000	30～40	200～300	83	秭归河 沙镇溪
	牛口—官渡口	19	巴东复向斜	软硬相间层状碎屑岩	中山—中低山中宽谷	1000左右	30～50	200～300	82	龙船河 东瀼口河
	官渡口—巫山	44	巫峡褶皱带	碳酸盐岩	高中山—中山峡谷	1200～1400	>45	200～300	71	万石河 边鱼河
	巫山—大溪	28	巫山—大溪复向斜	软硬相间层状碎屑岩	中低山—中山峡谷	600～800	20～40	200～250	66	大宁河 新民河
	大溪—奉节	7	瞿塘峡背斜	碳酸盐岩	高中山—中山峡谷	1000～1400	>50	800～1000	76	草堂河 梅溪河
川东低山丘陵宽谷区	奉节—涪陵	350	奉节-涪陵弧形褶皱带	软硬相间层状碎屑岩	低山—丘陵宽谷	1000左右	30左右	1000左右	92	石芦河
	涪陵—江津		向　斜	软硬相间层状碎屑岩	丘陵宽谷	300～500	10～25	300～500		嘉陵江 龙溪河
			背　斜	软硬相间层状碎屑岩和碳酸盐岩	中低山—低山峡谷	300～950	30～40	300～400	90	

二、气象水文

（一）气象

库区气候具有平均气温高、降雨充沛、空气湿度大、少冰雪严寒的特点，属典型亚热带湿润性季风气候。由于地形复杂，气象要素随时空有明显变化。

库区气温有随地形高程增大而降低的趋势，沿江两岸400m以下，多年平均气温为16～19℃，1000 m以上多在14℃以下。各地冬季极端最低气温均在0℃以下，夏季沿江地带是流域内的高温区之一，极端最高气温多在40℃以上(表4-2)。

河谷地带多年平均降水量介于1000～1200 mm之间，随高程增大降水有增加的趋势。雨季主要集中在5～9月，占全年降水量的68%～70%。沿江地带多有暴雨发生，其中宜昌至秭归和万县为两个暴雨集中区。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

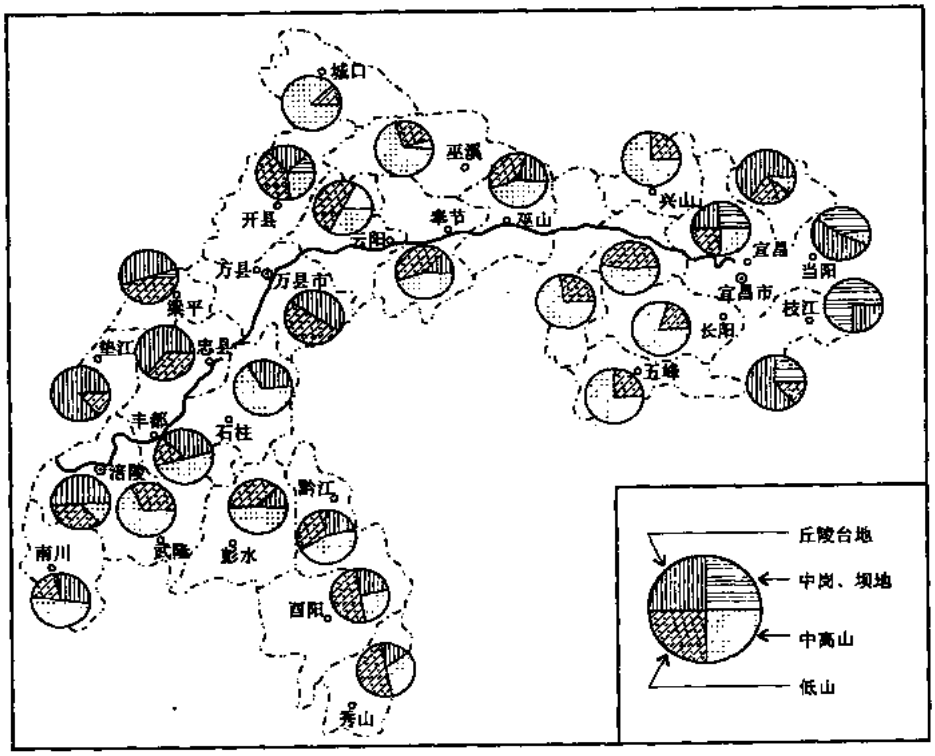


图 4-1　地貌类型图

表 4-2　三峡库区沿江各市、县多年气温一览表

县(市)名称	年平均气温/℃	最高月气温/℃	最低月气温/℃	极端最高气温/℃	极端最低气温/℃
秭　归	17.5			40	−15
巴　东	18.4			41.4	−9.4
巫　山	18.4	29.2(8月)	7.1(1月)	41.8	−6.9
奉　节	16.5	27.4(7月)	5.51(1月)	43	−9.2
云　阳	18.7			41.7	−4.0
四川盆地其他各市县	15～20	30(7月)	5～8(1月)	40以上	−3.0

库区相对湿度较高，达63%～81%。时空变化仍然明显，以云阳为界，冬季西部达80%～83%，东部峡谷低于75%，巫山仅63%；夏季万县、宜昌可达80%，其余均在75%以下。

（二）水文

三峡库区属长江上游地段，较大的支流有十余条。多分布于“三峡段”库区内，较大的支流有梅溪河、大宁河、香溪河等。“红层”库区段内长江最大的支流为乌江，其他较大的支

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

流有御临河、龙溪河、澎溪河、磨刀溪、长滩河，呈树枝状分布于干流两侧。长江的总体流向，在万县以上为北东向，万县以下近东西向。

长江是世界著名的大河之一，具有流量大，含砂量和水位变幅较高的特点(表 4-3)。宜昌站多年平均流量达 14300 m^3/s，径流量 4510 亿 m^3。洪枯水位变幅多在 20 m 以上，峡谷段可达 50 m。含砂量和输砂率随流量变化而变化，以寸滩为例，5～10 月份输砂量占一年的 97.5%，其中 6～8 月份又占全年的 69%。宜昌站年输砂量达 5.31×10^5 t。

表 4-3　三峡库区主要测站水文要素数值简表

江名	站名	流量/(m^3/s)			多年平均径流量/10^4m^3	水位/m			多年平均含砂量/(kg/m^3)	多年平均输砂量/10^8t	最大含砂量/(kg/m^3)
		多年平均	最大洪峰	最枯		最高	最低	变幅			
长江	重庆寸滩	11307	85700	18700	3566	188.54 (1945)	158.5 (1945)	29.84	1.33	4.66	13.7
	万县	13451	9950 (1974.8.12)	2770 (1971.3.7)	4219	138.29 (1981)	99.33 (1981)	38.96	1.66	5.11	12.4
	奉节	13752	69500 (1974.8.12)	2370 (1978.3.13)	4342	126.77 (1954)	75.14 (1978.3.13)	51.63		5.30	
	宜昌	14300	71600 (1986.9.4)		4510				1.20	5.26	10.5
嘉陵江	北碚	2160	37100	244	708	204	177 (平均)		2.02	1.602	32.9
乌江	武隆	1590	13900 (1971.3.6.)	233 (1974.3.6)	449	179.97 (1976.9.19)	168.45 (1979.12.9)	29.52	0.646	0.311	

第二节　自然资源

在资源系统中，虽然类型多样，且相互影响和促进，但地质资源和地质环境仍可认为是一切资源的基础，也是促进当地经济发展的基本因素。

一、矿产资源

长江三峡库区矿产资源比较丰富，种类也较多。目前已发现的矿产种类在 42 种以上(表 4-4)，包括黑色金属矿、有色金属矿及贵重金属矿、分散元素矿、冶金辅助原料矿、化工原料矿、建筑原料矿及其他非金属矿和能源矿等矿产种类。蕴藏量较丰富的矿产主要有煤、磷、硫、铁矿、铝土矿、石灰矿、盐岩及天然气。其他矿种，如粘土矿、玻璃原料、硅石等也其有较

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

好的开发前景。目前已有矿产地 378 处，其中大型矿床 16 处，中型矿床 29 处，小型矿床 61 处，矿点 272 处。

表 4-4　长江三峡地区矿产种类表

矿种类型	矿产名称
黑色金属矿	铁、锰、铬、钒
有色及贵重金属矿	铜、铅、锌、铝、汞、金、镉
分散元素矿	镓、锗、锶
冶金辅助原料矿	耐火粘土、熔剂石灰岩及白云岩、硅石、萤石、铸型砂
化工原料矿	磷、硫铁矿、含钾岩盐、电石石灰石、化肥用蛇纹岩、石墨、岩盐、重晶石、钡
建筑材料及其他非金属矿	水泥石灰岩、粘土、泥页岩、砂岩、玻璃砂、石膏、橄榄石、大理石、陶瓷土
燃料矿产	煤、天然气
伴生矿产	硒、银等

煤矿资源是区内主要矿种之一，主要分布在重庆、秭归、南川、石柱、兴山等地。产煤地层为下二叠统梁山组、上三叠统须家河组、上二叠统龙潭组和下侏罗统香溪组。

石灰石矿主要分布在重庆、巴县、涪陵、武隆、石柱及巴东。区内各碳酸盐岩地层大多有可供开采利用的石灰石矿，其中以下三叠统最为普遍。

铁矿资源也是区内优势资源之一，主要分布在巫山、秭归、宜昌、兴山等地。铁矿类型主要为沉积型、可分为晚泥盆世“宁乡式”、早二叠世“涪陵式”、晚二叠世“珙长式”、晚三叠世“威远式”和早侏罗世“綦江式”等矿类。

磷矿资源集中分布在宜昌、兴山两地。主要产磷地层为晚震旦统陡山沱组。

铝土矿主要分布于南川和武隆两县，其次为丰都、涪陵。矿层产于下二叠统梁山组地层之中。

盐岩和天然气是区内很有开发前景的矿种，主要分布于川东地区。矿床主要产于上古生代地层之中。

二、土地资源

据国土规划部门统计，全区 24 个县市共有土地面积 9177.78 万亩(折合 61148.2 km^2)，其中耕地面积占 30%左右，水域占 4%，疏林草地占 50%，难利用和尚未利用的土地占 15%左右(表 4-5)。

在本区土地构成中，耕地资源人均占有量较少，并且受地质地形条件的制约，土地的可开垦性较差，基本无后备耕地资源。据统计，区内人均占有耕地 1.01 亩①，低于全国平均水平，其中湖北境内人均耕地 1.38 亩，四川境内仅 0.98 亩。

① 1 亩＝666.7 m^2，下同。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 4-5　沿江各县土地使用状况统计表　　单位：万亩

县市名	总面积	耕地			园地	林草地	居民工矿交通用地	水域	未利用土地
		总面积	田	地					
巴县	381.42	202.18	104.5	97.68	6.59	75.36	32.21		29.08
重庆	230.85	80.48	27.86	61.31	5.25	60.71	38.57	16.40	29.44
江北	293.4	144.42	72.77	71.65	3.04	49.80	26.0	15.46	54.69
长寿	216.31	107.72	52.71	55.01	3.12	38.92	13.53	17.04	36.08
涪陵	441.31	172.03	65.59	106.44	6.62	161.08	33.28	32.08	36.22
垫江	227.32	119.26	53.71	66.22	0.78	49.03	21.95	12.29	33.91
南川	390.29	118.11	57.99	60.12	10.90	173.21	31.81	11.67	45.36
丰都	435.17	184.42	56.56	127.85	8.0	142.15	10.32	13.12	77.36
石柱	447.48	90.88	36.17	54.71	1.07	243.52	13.70	18.46	79.85
武隆	435.19	84.69	18.13	66.56	4.24	30.72	12.64	13.14	89.76
万县市	35.96	18.42	11.03	7.93	0.56	4.8	3.98	3.62	4.58
万县	497.05	231.05	125.01	106.04	14.0	175.7	16.39	16.13	25.60
开县	593.58	185.18	33.28	111.90	39.17	241.97	17.97	30.80	78.49
忠县	327.48	170.52	85.04	85.48	5.41	88.79	19.21	15.64	27.91
梁平	283.82	138.32	75.24	63.08	3.71	78.88	30.18	10.76	21.95
云阳	547.34	157.45	57.16	100.29	8.16	303.54	22.94	29.15	26.10
奉节	613.51	146.52	29.40	117.12	1.97	346.24	12.28	12.05	94.45
巫山	444.9	129.83	88.37	117.64	2.03	241.17	13.56	13.24	45.07
巫溪	603.86	119.18	6.88	112.30	1.60	388.74	7.32	5.14	81.88
巴东	482.85	64.37				323.65	7.80	10.44	46.37
秭归	340.88	58.81			4.51	188.66	12.98	9.84	26.52
兴山	349.04	32.47			8.53	237.03	4.10		18.20
宜昌	570.67	88.42			8.91	345.79	35.62	22.25	29.94

区内土壤类型受母岩控制明显，加之地势陡峭，使许多地段存在着土层薄、质地差、肥力低、供水难、适宜种植粮油的土壤数量不足等问题。

三、水　资　源

（一）地表水资源

库区地表水资源特别丰富，长江是我国第一大河，重庆至宜昌间长江干流多年平均流量为 1.13～1.43 万 m^3/s，多年平均径流量达 3566～4505 亿 m^3/s。除长江干流水量巨大以外，各

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

支流水量也较充沛，多年平均径流量共约 1463.38 亿 m^3/s。库区各主要支流水资源量达 328.34 亿 m^3，可用量为 62.62 亿 m^3。

库区地表水水能资源亦相当丰富，长江干流三峡工程按 175 m 正常蓄水位方案，电站装机容量达 1768kW，年发电量亿千瓦·时。除此以外，各支流水能资源也极其丰富，据统计，全区水能资源理论蕴藏量达 499.11 万 kW，其中可开发量达 355.86kW。

（二）地下水资源

三峡工程库区地下水资源比较丰富，多年平均径流量达 70.6 亿 m^3/年，但分布不均，贫富悬殊。地下水平均资源模量，碳酸盐岩分布地区高达 50.45 万 m^3/年·km^2，砂泥岩分布地区仅 4.2 万 m^3/年·km^2。从地下水赋存条件、水理性质和水动力特征，可将本区地下水划分为松散岩类孔隙水、碎屑岩类裂隙水、碳酸盐类岩溶水和结晶杂岩风化裂隙水。

四、旅游资源

三峡库区风光秀丽、山水奇特，旅游资源得天独厚。这里不仅有奇丽山水风光景点散布全区，而且文物古迹名胜遍及各地，形成了以峡区为中心，以长江为主线，以三峡风光、古三国遗址及巴楚文化为特色的三峡旅游热区，为我国十大风景名胜区之一。据统计，重庆至宜昌沿江区共有旅游资源点、片、带近 900 处，能对外开放的约 500 处，已开放 300 余处；其中，属国家级的各类景点有 85 处，省级 110 处左右。如长江三峡、小三峡、水帘洞、白帝城、张飞庙、石宝寨、神龙架、陆游洞等景点享誉国内外。此外，尚待开发省级以上的新景点在 130 处以上。按旅游资源的客观属性，可分为自然景观、人文景观和自然－人文混合景观等类型。

五、人口资源

三峡地区属经济落后的贫困山区，人口现状是：人口基数大，增长快。据 1985 年统计，移民县、市人口为 1379 万人，人口密度达 255.4 人/km^2，近于全国人口平均密度 2.5 倍。沿江地带部分地段的人口密度可达 800～1200 人/km^2；农业人口比重大，据 1984 年统计，三峡地区农业人口占总人口的 89.9%，它所占比例比湖北高出 6%，比四川省高出 2%；文化素质低，据第三次人口普查，三峡地区文盲为 23.41%；人口以汉族为主，占总人口的 92.13%；农村剩余劳动力过多，由于耕地不足，农业经济结构单一，经营粗放，使农村劳动力大量过剩。

第三节　社会经济现状

三峡工程库区经济以农业为主，工业比较落后，基本上属于经济不发达地区。由于长江水运交通较发达，所以沿两岸 10～20 km^2 宽度内，历史上形成了经济相对较为发达的条带地区。

一、农　　业

（一）种植业

三峡地区是一个以农业为主的地区，不仅农业人口和劳动力众多，而且农业产值占工农

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

业总产值和社会总产值的比重也相当大，因此农业问题是本区经济开发与发展的基本问题。建国以来，本区农业得到稳步发展，在本区经济中起着主要的作用。据涪陵、万县、宜昌三地市的不完全统计，1993 年农业总产值为 73 亿元(1990 年不变价)，是 1985 年的 1.6 倍，1949 年的 4 倍多，年平均递增率约 3%。

区内农业以种植粮食作物为主，经济作物等其他农作物的比重较小。在粮食作物中，玉米、薯类在整个三峡种植得较为普遍，而水稻和小麦受地形和气候的影响仅在重庆至万县之间大量种植。经济作物中，油料、中药材等比重较大，另外还有麻类、烤烟、茶叶等。

(二) 林业

库区平均森林覆盖率超过 12%，森林植物种类繁多，资源比较丰富，有很大的优势。据 1994 年库区各县市统计，林业总产值 32998 万元，其中林业产值最高的县为开县，达 4632 万元。

库区林业以松林和竹林为主，约占森林面积 60%～70%，山地灌木丛约占 30%。竹林主要分布在万县市附近；山地灌木丛分布于全区，多为次生不稳定的植物群落，其种类较多，有多种蔷薇和悬钩子，是提取烤胶的主要原料。

库区还保存了不少珍稀植物，如国家一级重点保护植物木沙杨、银杉、水杉、珙桐等 4 个种类，其他二、三级重点保护植物则多达 20 多种。

库区的主要经济林有油桐、油茶、柑桔、苹果、梨等，还有特种经济林漆树、白蜡、盐肤木、杜仲等。上述经济林产品，不仅是库区的特产，而且在全国占有突出的地位。

(三) 畜牧业

库区是我国的重要畜牧业基地，1993 年除宜昌等 4 县(市)以外，其余 16 个县(市)的畜牧业总产值达 40.8 亿元，占农业总产值的 30%强。

建国以来，库区畜牧业发展较快，主要表现在：①各类牧畜全面增长；②畜产品产量产值大幅度增长，库区人年平均占有肉类 40.5 kg，蛋 5.6 kg，奶 3.0 kg；③畜牧科技水平有较大提高。

(四) 渔业

库区水面面积占总面积的 4.41%，约 300.03 亩，给渔业发展奠定了基础。据 1993 年宜昌、万县等市(县)不完全统计，年鱼产量达 17072 t，年产值达 6695 万元。库区除少数水面如塘、库、堰和稻田养鱼外，其他均属自然繁殖消长状态，水面资源没有得到充分利用。渔种不良、水污染加剧，是当前渔业发展的又一障碍。随着渔业机械化水平的提高和鱼饲料工业的发展，库区养鱼生产应由大面积粗养的传统方法向人工精养和半精养方向转化，提高水面利用率，改良渔种，使库区渔业再上一个新台阶。

二、工　　业

库区工业近期发展较快，据不完全统计，1994 年沿江除重庆外，20 县市工业总产值达 493 亿元。库区工业与解放前相比，有的从无到有，有的增长数十倍。库区主要工业门类有能源工业、化学工业、机械工业、建材工业及食品工业等。

库区工业发展存在极大的不平衡，形成了以重庆为龙头，宜昌相呼应的两大工业、经济中心。重庆是长江上游的最大工业、经济中心，其工业固定资产居全国各大城市第五位，工业产值居第七位。1993 年工业总产值为 326.5 亿元，其中重工业 224.3 亿元，轻工业 102.1

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

亿元。全市形成了机械、化工、纺织、冶金、食品等部门为主体的相当完善的工业体系。这里也是全国最大的常规兵器工业生产基地和四川最大的煤炭生产基地。它尤其在生产重型汽车与摩托车、精密仪器表，有机化工产品与化学合成药物，维尼纶短丝，优质钢材与钢、铝材与铝合金材等方面具有明显优势，并在西南和全国占据突出地位。在棉纺织、皮革、文教用品等方面，也占有举足轻重的地位。宜昌市在1993年工业总产值达到56亿元，是湖北西部的新兴工业城市。宜昌地处三峡大坝附近，对大坝建设的物质供应起着重要的作用。三峡沿岸，除重庆和宜昌以外，工业生产普遍存在以下问题：①建设项目选择缺乏科学性，建后生产或销售条件不完全具备，经济效益不佳；②技术水平低，设备落后，原材料和能源消耗高，产品质量差、缺乏竞争力；③普遍存在“三废”对环境的污染，环境效益差。

三、交通运输业

交通运输业的发展对三峡地区经济的发展起到很大的促进作用，也是解放后三峡地区经济面貌改观的一个突出表现。建国初期，库区只有重庆附近的窄轨轻便铁路，而到目前，已先后建成了成渝、襄渝和川黔三条铁路干线，使重庆成了西南地区的交通枢纽。在宜昌为了满足葛州坝建设的需要，也修建了焦枝铁路。但是，区内铁路建设仍与国民经济不断增长的要求不相适应，主要表现在铁路干线少，库岸城市基本没有铁路通过。

库区公路的发展也经历了两个对比鲜明的发展阶段。解放前，三峡地区仅有公路400余km，经过40余年的建设，库区四地市通车里程达30000余km。库区地级市有与外界沟通的国家级公路干线，各县市之间都有省级公路相通，形成了四通八达的公路网。目前库区公路建设存在以下问题：①桥多路窄，路面质量低劣；②交通流量分布极不平衡。

库区大小江河纵横，长江干流源远流长，素有“黄金水道”之称，但川江流经高山峡谷，水流湍急，险滩密布，严重阻碍了航道的发展。经过数十年的努力，川江航道条件有了很大改善。成为库区的主要交通运输线。

库区民航是在非常薄弱的基础上建立和发展起来的，现已初具规模。库区现有重庆江北机场、万县梁平机场、宜昌机场，其中重庆江北机场已与全国的大多数大中城市通航。随着库区经济建设的发展，民航作为贸易往来的空中桥梁将备受重视，得以更快地发展，为库区经济建设作出更大的贡献。

四、第三产业

第三产业是随着生产的发展，经济水平的提高而逐渐发展起来的，以商贸业和服务业为主的经济体系。库区上游重庆，不仅是西南工业中心，商业和服务行业也很发达，1985年共有商业网点202080个，从业人员达42.3万人。涪陵地区1985年商品零售额达105904万元，是1949年的20多倍。整个库区在1985年的第三产业固定资产净值达139099万元，流动资金91762万元。随着商品经济的发展，第三产业将成为地区的重要行业之一。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第五章　三峡工程区地质环境概况[13]

第一节　地质构造特征与区域稳定性

三峡工程库区在构造上跨越了川湘黔隆起褶皱亚带和四川盆地沉降带川东弧形褶皱亚带。另在北部有大巴山弧形褶皱带制约，东北部受淮阳山字形构造干扰，东南有长阳区域东西向构造分布，西南有川黔经向构造成分插入，使区内构造特征复杂化，东段尤为明显。

三峡工程库首位于我国东部的中部地壳厚度和重力异常的巨变过渡带，两者向西趋于平缓。库区晚近构造运动时期处于近东西向水平应力和垂直上升应力相互叠加，合成的地壳应力及邻近地区的远安、仙女山、天阳坪、新华、九湾溪、黔江、齐岳山、方斗山、华蓥山等断裂(带)具近期运动特征，属弱活动等级。上述绝大多数断裂地震活动频繁，但震级多小于4.7级。综合评价认为：库区黄陵背斜结晶分布区和奉节至长寿间地区为区域稳定性良好地区。地震烈度小于Ⅵ度；两者之间地区视为稳定性稍差地区地震烈度可为Ⅵ度，局部地区可达Ⅶ度。

据库区岩性、构造、透水性、应力状态、区域地震活动背景和三峡水库规模等条件评价预测认为，三峡工程库区存在诱发地震的形成条件。诱震可能性较大的主要是新滩至香河口等强岩溶化碳酸盐岩库段；有一定诱震可能性的库段有三斗坪至黑崖子花岗岩库段和牛肝马肺峡、九湾溪、巫峡楠木园至培石等弱岩溶化碳酸盐岩库段；库区广泛分布的碎屑岩库段，诱发地震的可能性极小。

第二节　地层与岩土体特征

一、地　　层

库区地层除缺失志留系上统、泥盆系下统、石炭系上统和第三系外，其余自震旦系至第四系皆有出露(表5-1)。坝址位于黄陵背斜核部结晶岩基底之上，库区地层由东向西有逐渐变新的总体趋势。

宜昌庙河附近有少量前寒武系变质岩出露；庙河至秭归香溪为以碳酸盐岩为主的震旦系至中三叠统地层；香溪至秭归牛口主要出露上三叠统至侏罗系碎屑岩；牛口至奉节观武镇为中上三叠统碳酸盐岩再次出露；观武镇以西，背斜山脊之间主要出露二叠系、中下三叠统碳酸盐，山脊之间几乎全为上三叠统、侏罗系砂、泥岩互层；第四系主要分布在河谷阶地和山顶剥夷面上，以及部分斜坡地带。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 5-1　三峡工程库区地层简表

地层单位				岩层厚度/m	岩性
系	统	组(群)	地层代号		
第四系			Q	0～100	
白垩系	上统	罗镜滩组	K_2l	273～801	
	下统	石门组、五龙组	K_1	2076	厚层状砾岩夹石英砂岩、砂岩、粉砂岩
侏罗系	上统	蓬莱镇组	J_3p	620～1600	长石砂岩、石英砂岩与泥岩不等厚互层
		遂宁组	J_3s	370～678	泥岩、泥质砂岩与砂岩、钙质粉砂岩互层
	中统	上沙溪庙组	J_2s	1152～1600	泥岩、砂质泥岩与厚层状长石砂岩互层
		下沙溪庙组	J_2xs	350～944	泥岩、粉砂质泥岩与长石砂岩不等厚互层
		新田沟组	J_2x	240～350	页岩、泥岩与石英砂岩、泥质粉砂岩互层
	下统	自流井群	$J_{1-2}zl$	165～189	泥岩、页岩夹粉砂岩、泥灰岩、生物碎屑灰岩
		珍珠冲组	J_1z	250～361	泥岩、页岩夹石英砂岩、粉砂岩、底见煤层，含菱铁矿
三叠系	上统	须家河组/沙镇溪组	T_3	87～458	石英砂岩、长石砂岩、粉砂岩及页岩、薄煤层
	中统	雷口坡组、巴东组	T_2	378～1310	粘土岩、水云母粘土岩、粉砂岩夹灰岩、泥灰岩、白云质灰岩
	下统	嘉陵江组	T_1	152～248	薄至厚层状灰岩、白云岩夹角砾状灰岩
		飞仙关组/大冶组	T_1f-T_1d	50～756	薄层、中厚层灰岩、泥质灰岩与页岩、炭质页岩互层或夹层
二叠系	上统	长兴组/大隆组 龙潭组/吴家坪组	P_2	47～281	中厚层含燧石结核灰岩、灰岩和炭质灰岩、铝土质页岩、砂岩、含煤层或煤线，含黄铁矿
	下统	茅口组、栖霞组、马岭组	P_1	248～455	厚至巨厚层灰岩、燧石结核灰岩夹页岩、砂岩和煤层，含铝土矿层和赤铁矿
石炭系	中统	黄龙组(群)	C_2h	<38.4	中厚层白云岩、灰岩及角砾状灰岩
	下统	岩关组	C_1y	21～24	页岩、粉砂岩和生物碎屑灰岩
泥盆系	上统	写经寺组、黄家蹬组	D_3	50～120	生物碎屑灰岩、泥质灰岩、石英砂岩及页岩、粉砂岩，含赤铁矿
	中统	云台观组	D_2	8～50	厚层石英砂岩，含砾砂岩及砾岩
志留系	中下统	纱帽组、罗惹坪组、龙马溪组	S_{1+2}	1268～1406	页岩、粉砂质页岩、炭质页岩为主，含细砂岩、粉砂岩、泥质砂岩和生物灰岩
奥陶系	上统	五峰组、临相组	O_3	10.1	炭质页岩、硅质页岩和硅质灰岩、瘤状灰岩
	中统	宝塔组、庙坡组	O_2	21.17	裂纹灰岩、瘤状泥质灰岩和页岩
	下统	牯牛潭组、大湾组、红花园组、分乡组、南津关组	O_1	173	中厚层灰岩、白云质灰岩、生物灰岩夹页岩
寒武系	上统	三游洞群	$\in_3$	561	白云岩、白云质灰岩、灰岩夹角砾状灰岩、页岩
	中统	覃家庙组	$\in_2$	131～204	硅质—白云质灰岩、白云岩和砂岩，页岩互层
	下统	石龙洞组、天河板组、石牌组、水井沱组、岩家河组	$\in_1$	373～561	薄—厚层灰岩、白云岩与粉砂岩、炭质页岩互层或夹层，含磷层
震旦系	上统	灯影组、陡山沱组	Z_2	248～626	厚层白云质灰岩、白云岩、炭质页岩，含磷层
	下统	南沱组、莲花组	Z_1	106～153	冰碛砾岩、泥岩、中厚层砂岩、砂质页岩、砾岩
前震旦系		崆岭群	P_tkn	>5418	黑云角闪奥长、斜长混合岩、片麻岩、云母片岩、石英片岩、石墨片岩、大理岩
		侵入岩			闪长斜长花岗岩、闪长岩及花岗岩

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、岩土工程地质特征

(一)岩体工程地质特征

库区岩体工程地质类型共划分了 4 个建造类型、10 个工程地质岩性综合体类型(表 5-2)。

1. 岩浆岩建造类型

分布于黄陵背斜核部,主要由闪长岩、花岗岩类组成坚硬块状侵入岩体。新鲜岩石致密孔隙低,力学强度高,湿抗压强度多在 100 MPa 以上;抗水性能好,软化系数均大于 0.7。岩体坚固性系数高达 25.35,岩体抗风化能力弱,并随风化程度的加深,其力学强度和坚固性渐次降低,最高可降低 2/3。

2. 碎屑岩建造类型

主要包括砂岩、砂砾岩、粉砂岩等砂砾岩类和泥岩、页岩等粘土岩类。两类岩的物理力学性质差异很大,砂砾岩类力学强度较高,湿抗压强度一般达 50～200 MPa;粘土岩类力学强度低,一般为 10～50 MPa。三叠系上统须家河组以厚层砂岩为主,其岩体坚固性系数达 7.35;志留系和侏罗系下统珍珠冲组以粘土岩类为主,岩体坚固性系数小于 1.0;其余均介于 1.0～5.0 之间。砂砾岩类赋存孔隙、裂隙水,地下水富水性较好,而粘土岩类似为隔水层。由于碎屑岩建造类型所组成岩体多为软硬相间的岩层组成,岩体的稳定性差,斜坡变形破坏较发育。

3. 碳酸盐岩建造类型

主要由灰岩、白云岩、泥灰岩等碳酸盐岩类和软弱粘土岩类与较坚硬的砂岩类呈互层或夹层组成强岩溶化坚硬厚层状碳酸盐岩、中强岩溶化软硬相间层状碳酸盐岩夹碎屑岩、中等岩溶化软硬相间层状碳酸盐岩碎屑岩互层和弱岩溶化软硬相间层状碎屑岩夹碳酸盐岩等四种工程地质岩性综合体类型。碳酸盐岩类岩石的力学强度高,湿抗压强度一般介于 50～200MPa。三叠系下统嘉陵江组,岩石湿抗压强度达 150～200 MPa,岩体坚固性系数达 5.64,但岩溶化程度高,岩体的坚固性能随岩溶化程度加深而降低,富水性增强,泉水流量可达 0.1 m^3/s 以上。由于岩溶化作用,常酿成塌陷和坑道突水事故。由于软弱粘土岩类存在,岩体坚固性能大为降低,三叠系中统巴东组岩体坚固性系数仅 0.74,岩体斜坡易发生变形破坏。

4. 变质岩建造类型

在黄陵背斜西侧有小面积出露。主要由片麻岩、混合岩和片岩类组成坚硬至较坚硬块-片状片麻岩、混合岩、片岩岩性综合体工程地质类型。片麻岩、混合岩类湿抗压强度多介于 70.0～150 MPa之间,而片岩类仅 15.0～53.0 MPa。由于片麻岩、混合岩类所占比例大,岩体坚固性系数仍高达 20.67,只是片岩类构成软弱结构面和软弱夹层,差异风化易产生局部崩塌。

(二) 土体工程地质特征

库区第四纪松散堆积土零星分布于河谷阶地、山间盆地和斜坡地带,面积和厚度都较小河谷地带主要为冲积亚粘土、亚砂土、砂砾石和含土卵砾石等,多具下粗、上细的二元结构;而盆地和斜坡地带主要为残积、重力堆积的含碎石土、粘土、亚粘土。在城市、矿区,人工填土很普遍。各种土的物理力学性质差异较大(表 5-3a),不同地区,不同成因具有不同特点。岩体压缩系数达 0.03～0.15 cm/kg。粘土类土,可作轻型建筑物地基;砂砾卵石层承载高;人工填土成分复杂,结构松散不均,多有地面不均匀沉降发生,如重庆菜园坝人工填土沉降量曾达 10～20 cm/年。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 5-2　岩体主要物理力学指标

建造类型	主要物理力学性质指标						
	干容重 r_d/(g/cm³)	干抗压强度 R_c/MPa	饱和抗压强度 R/MPa	抗拉强度 R_t/MPa	抗剪强度 c/MPa	摩擦系数 $f=\tan\varnothing$	岩体坚固性系数 M·I·F
碎屑岩建造	砂岩 2.40～2.45	19.4～31.6	10.5～25.0			0.78～0.79	2.1
	砂岩 2.44～2.64 泥岩 2.59～2.61	砂岩 41.4～135.2 泥岩 20.1～24.8	砂岩 13.0～103.3 泥岩 12.2～20.7	砂岩 0.9～3.1	砂岩 1.0～6.0	砂岩 0.40～0.76	2.87
	砂岩 2.54～2.61	70.5～90.4	砂岩 57.4～87.6			砂岩 0.78～0.88	2.77
	砂岩 2.46～2.59 泥岩 2.44～2.62	砂岩 65.3～132.75 泥岩 8.8～54.7	砂岩 41.0～110.4 泥岩 4.3～28.2	砂岩 0.97～4.82 泥岩 0.77～1.37	砂岩 5.2～16.0 泥岩 1.6～3.24	砂岩 0.43～1.53 泥岩 1.39～0.63	2.69
	砂岩 2.28～2.59	砂岩 23.2～109.3	砂岩 9.3～75.1			砂岩 0.95	1.08
	砂岩 2.53～2.54	砂岩 56.4～161.33	砂岩 19.5～133.2			砂岩 0.67～1.63	1.33
		砂岩 76.2	砂岩 49.7				1.44
	砂岩 2.60	砂岩 118.2	砂岩 72.0		砂岩 5.6		0.933
碳酸盐岩建造	砂岩 2.44～2.65 泥岩 2.54～2.63	砂岩 97.4～173.46 页岩 7.8～75.0	砂岩 40.8～147.01	泥岩 1.8～8.35	砂岩 4.0～16.0	砂岩 0.65～1.775	7.35
	灰岩 2.64～2.69 泥灰岩 2.53～2.63 泥岩 2.58～2.61	粉砂岩 21.4 灰岩 31.04～88.63 泥岩 15.3	粉砂岩 18.2 泥灰岩 40.7～74.0 泥岩 13.0～21.5	灰岩 5.29		泥岩 0.38 砂岩 1.70 粉砂岩 0.43	0.74
	灰岩 2.64～2.72	灰岩 50.0～186.5	灰岩 58.4～156.6	灰岩 2.995～1.24		灰岩 1.90～2.09	5.64
	灰岩 2.66						1.79
	灰岩 2.68～2.70						4.43
	砂岩 2.60～2.66 灰岩 2.6～2.7	灰岩 122.6～186.4 燧石结核灰岩 98.1～147.2		灰岩 2.75～2.83 燧石结核灰岩 2.35～2.45		灰岩 1.23～1.73 燧石结核灰岩 1.19～1.23	4.43
	灰岩 2.7 白云质灰岩 2.7	灰岩 117.2 白云质灰岩 191.3		灰岩 2.94 白云质灰岩 3.92		灰岩 1.28 白云质灰岩 1.73	4.43
							3.27
							1.62
							1.62
碎屑岩建造	砂岩 2.62～2.74 页岩 2.64～2.70	砂岩 83.0～192.0	砂岩 49.5～176.5 页岩 13.9～22.3			砂岩 0.83～0.97 页岩 0.75	0.9
碳酸盐岩建造	灰岩 2.66～2.74 页岩 2.65～2.68	灰岩 81.0～186.31 页岩 78.2～95.6					4.86
	灰岩 2.66～2.74 页岩 2.65～2.68	灰岩 81.0～186.31 页岩 78.2～95.6					4.86
							3.94
	灰岩 2.72						6.61
	页岩 2.55～2.67	页岩 26.0～92.0	页岩 12.3～54.9		页岩 0.30	2.85～3.57	2.85～3.57
碎屑岩建造							2.1～4.9
							20.67
	闪长岩 2.67～2.89 花岗岩 2.64	闪长岩 109.0～122.0 花岗岩 127.1	闪长岩 86.2～122.0 花岗岩 127.1			闪长岩 0.58～3.57	25.35

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 5-3(a)　粘性土主要物理力学指标统计表

土体名称 物理力学项目		粘土	砂粘土	砂质地夹 泥岩碎块
比重/(g/cm³)		2.56～2.76	2.66～2.70	2.75
天然含水量/(%)		20.13～25.93	20.12～25.46	20.45
容重/(g/cm³)		1.89～2.06	1.85～1.92	2.10
孔隙比		0.52～0.81	0.67～0.88	0.548
凝聚力/MPa		0.032～0.101	0.05～0.09	0.026
内摩擦角/(°)		3.35～24.70	10.38～29.87	33.42
压实干容重/(g/cm³)		1.62～1.70	1.597～2.078	
抗压强度/MPa		0.17～0.27	0.209	
0.3MPa压力条件下	孔隙比	0.46～0.60	0.46～0.58	0.444
	压缩系数	0.013～0.026	0.005～0.013	0.015
	沉降量/mm	32.8～111.7	39.65～83.80	101.52
	抗剪强度/MPa	0.123～0.238	0.125～0.260	0.076
	剪力系数	0.183～0.320	0.18～0.54	

表 5-3(b)　卵砾石物理力学指标统计表

按粒径(mm)分组比值/(%)							平均直径/mm	细变模型	比重/(g/cm³)	容重/(g/cm³)	孔隙度/(%)	含砾量/(%)	杂质含量/(%)
>5.0	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	<0.15							
1.56	0.02～1.38	0.04～2.68	0.07～2.68	11.40～81.98	15.11～8.66	1.60～3.66	0.23～0.38	1.10～1.83	2.63	12.84～13.72	46.8～50.1	0.84～1.32	0.021～2.23

第三节　库区水文地质条件

一、地下水赋存条件及区域特征

库区的水文地质环境有以基岩山地为主，地层多样，构造复杂，降水充沛，地形切割强烈，孔隙、裂隙潜水和承压水分布广泛的特点。大气降水渗入，富集于构造裂隙、风化裂隙、

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

溶蚀孔洞和第四系松散层孔隙之中，形成各类潜水，沿径流通道向附近长江及支流沟谷运动排泄。库区褶皱构造发育，且背、向斜构造与地形正、负多具一致性。山体上部碳酸盐岩、碎屑岩岩溶、裂隙发育，不仅富含地不水且成为向斜内承压水补给区。承压水承压段在构造上隆或河谷切割而使承压水系统开启部位，多呈上升泉出露排泄。库区地下水的赋存条件及区域特征，依据地层岩性、地质构造和自然地理条件的差异，大致以奉节为界划分为东、西两个水文地质单元。

（一）川东梳状褶皱以碎屑岩为主的水文地质区

位于奉节以西的“红层”库段，主要出露中生界地层，褶皱构造发育，碳酸盐岩岩溶含水岩集中出露于背斜轴部山上，被两侧碎屑岩所夹持而封闭；碎屑岩类砂岩夹页岩裂隙含水岩组广泛分布于中低山之间丘陵区。由于受岩性、构造的控制，反映出自中低山（背斜）至低山丘陵（向斜），地下水类型依次为碳酸盐岩岩溶水，砂岩夹页岩裂隙水，砂砾岩互层裂隙水的分布规律，其富水性存在由强至弱方向过渡的特点。

（二）鄂西山地以岩溶水为主的水文地质区

区内地质构造复杂，地层岩性和地貌差异较大，根据地下水形成条件与水文地质特征可进一步划分为三个水文地质亚区。

1. 川、鄂褶皱山地碳酸盐岩岩溶水亚区

该亚区以岩溶水为主，包括奉节白帝城以东除黄陵背斜、秭归向斜两亚区的其余地段。出露自震旦系至三叠系的碳酸盐岩。碎屑岩地层。断裂和岩溶作用发育，含水条件良好，可获得丰富的大气降水和邻区地下水的侧向补给，地下水较丰富，但富水性极不均一。

2. 黄陵背斜丘陵山地结晶杂岩风化网状裂隙水亚区

位于黄陵背斜核部，花岗岩、闪长岩岩体发育有北北东向压性断裂、北西西和北东两组张性断裂及缓倾角断裂，风化壳厚 10～50 m，大气降水沿裂隙渗入。富集于构造裂隙和微、弱风化裂隙带中，形成风化裂隙水。地下水较贫乏，泉水流量一般小于 0.0005 m^3/s，但在裂隙发育、补给条件良好的地段，水量可达 0.001 m^3/s 以上。

3. 秭归盆地碎屑岩沙泥岩裂隙水亚区

秭归盆地平缓开阔，其中侏罗系砂岩、泥岩组成层间裂隙含水层，地表风化裂隙带接受大气降水补给形成风化裂隙潜水，富水性较差，泉流量小于 0.001 m^3/s，盆地四周，大气降水补给含水层，沿层间径流，在盆地中部形成层间承压水，钻孔涌水量仅 0.00055～0.00296 m^3/s，含水量小，承压水头可高出地面 20 m。

二、地下水类型及富水性

库区地下水划分为松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙裂隙水、碳酸盐岩类岩溶水及结晶杂岩风化网状裂隙水等四种类型，再根据含水岩组岩性和富水程度的差异划分为六个亚类和不同的富水级别（表 5-4）。

（一）松散岩类溶孔隙水

主要为一套第四系冲洪积砂、砾石层和湖沼相粘土、淤泥夹砂层构成的含水岩组，多零星分布于沿江两岸和江心洲地段，水量较丰富，单井涌水量一般仅数百 m^3/d。部分地区补给和储存条件较好，水量较丰富，如开县坝子，含水层厚度达 45～62 m，单井涌水量可大于 1000m^3/d。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 5-4　地下水类型及富水性表

地下水			含水层代号	面积		富水性划分		
类型		亚类		km²	%	级别	划分指标	
松散岩类孔隙水			Q			水量较贫乏	单井涌水量<100m³/24h	主要于西区长江河谷零星分布
裂隙孔隙水	碎屑岩类	砂岩夹页岩裂隙水	J_{1x}/J_{1x} J_{3x_1}/J_{3x}	2789.40	7.9	水量丰富	单井涌水量>100m³/24h	西部平行展布的背斜近轴部地带及东部秭归向斜盆周
						水量较丰富	单井涌水量 100～1000m³/24h	零星分布于东部背斜翼部及巫山向斜轴部
						水量较贫乏	单井涌水量<100m³/24h	铁峰山背斜南东翼及渠马河向斜东端
		砂岩泥岩互层裂隙孔隙水	E K_1、J_{3p}、J_{3g} J_{2g}、J_{2xs}、J_{2x}、 J_{1-2z}	18455.80	52.2	水量丰富	单井涌水量 300～500m³/24h	奉节以西川东平行褶皱向斜
						水量较丰富	单井涌水量 200～300m³/24h	
						水量较贫乏	单井涌水量<100m³/24h	
岩溶水	碳酸盐岩类	碳酸盐岩溶水	T_{1j}、T_{1l}/T_{1d} P_{2c}、C_2 $\in_{1-2-3}$	8721.90	24.6	水量丰富	地下水径流模数 0.0036m³/s·km²，泉、暗河流量 0.1～1m³/s	西部平行褶皱背斜轴部及东部齐跃山横石溪背斜轴部及秭归向斜、黄陵背斜翼部
						水量较丰富	地下水径流模数 0.0036m³/s·km²，泉暗河流量 0.01～0.1m³/s	西部平行褶皱背斜轴部
						水量较贫乏	地下水径流模数<0.003m³/s·km²，泉、暗河流量<0.01m³/s	中部万斗山背斜、西部背斜轴部
		碳酸盐岩碎屑岩互层岩溶水	T_{2l}/T_{2b} D_{2-3}、P_1 D_{2-3}、Z_2	3431.30	9.7	水量较丰富	地下水径流模数 0.0038 m³/s·km²，泉、暗河流量 10～100l/s	奉节巴务山河向斜东部
						水量较贫乏	地下水径流模数<0.003 m³/s·km²，泉暗河流量<0.01 m³/s	东南、巫山、巴务河、赶场向斜近轴部地段及秭归向斜盆间
			γ、δ等	1351.00	3.8	水量贫乏	地下水径流模数<0.001m³/s·km²，泉流量<0.001m³/s	东部黄陵背斜
			S、$\in_1$	650.00	1.8			
合计				35398.90	100			

（二）碎屑岩类孔隙裂隙水

主要为埋藏于三叠系、侏罗系、白垩系、泥岩中的红层孔隙裂隙水。由于受构造和岩性的控制，含水岩组多分布于各背斜轴部或背斜翼部倾伏端以及向斜构造盆地，地下水水量、水质在平面上和剖面上都具有分区和分带特征。一般地说，孔隙裂隙发育地段，水量较发育，单

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

井出水量为 100～1000m³/d 以上；其余地区水量贫乏，单泉流量多小于 0.001 m³/s，单井出水量多小于 100 m³/d。在浅部多呈潜水状态，地下水水质较好，多为 HCO_3-Ca 和 HCO_3-Na-Ca 型水；向深部地下水多具承压性质，水化学类型逐渐过渡为 HCO_3—Cl-Na 和 Cl-Na 型水，矿化度增大。该类地下水补给源主要是大气降水和地表水，水质和水量变化剧烈。

（三）碳酸盐岩类岩溶水

是指埋藏于本区三叠系中、下统和二叠系上统岩溶地层中的地下水，遍布鄂西褶皱山地及川东各背斜核部。地表岩溶洼地、落水洞、漏斗、槽谷等各种岩溶形态发育。地下水的循环交替作用强烈，地下水动态受降水控制明显，大泉、暗河流量变化与降水量的关系极为密切，水量丰富，泉或暗河流量一般为 0.001～0.01 m³/s，最大可达 1 m²/s，居各类地下水之冠。但由于灰岩的含水极不均一，其富水性在不同地段也相差较大；局部地段还出现缺水现象，如巫溪大宁山、天子城一带。该类地下水水质良好，矿化度一般低于 0.001 g/m³。

（四）结晶杂岩风化网状裂隙水

仅分布于黄陵背斜核部，为一套前震旦系变质岩及岩浆岩，岩石风化作用较强烈，地下水赋存于风化带网状裂隙之中，分布普遍，埋藏浅，易于开发，但富水性差，且不均一，泉流量多小于 0.001 m³/s。

第四节　库区主要环境地质问题

一、斜坡稳定性

滑坡与崩塌是库区的主要外动力地质现象，也是主要地质灾害类型，通常把它们统称为斜坡变形破坏。据已有资料统计，重庆—宜昌间长江干流岸坡共有崩滑体 283 处，总体积约 16.7 亿 m³；支流库岸 121 处，总体积达 13 亿 m³。据调查研究，崩塌、滑坡发育受地层岩性、地质构造和地貌等组合构成的斜坡变形破坏结构类型制约。在空间分布上有明显差异；在时间上，有受触发因素频繁降水制约的特点。1975 年雨季，秭归县发生崩滑现象成灾的达 800 余处；1982 年 7 月暴雨期万县地区发生大小崩滑体达 8 万余处；近期发生的鸡扒子、新滩和马家坝等滑坡灾害，也均发生在雨季。

据评价、预测，库区干流崩塌、滑坡体主要发育在秭归沙镇—范家坪、奉节李家坝—云阳故陵镇、云阳大河沟—兴隆滩和万县城区附近等岸段，水库蓄水前后稳定性差的岩质岸坡段共计长约 65.8 km，占干流岸坡总长的 4.8%；支流中，香溪河、秭归河两岸崩塌、滑坡尤为发育，全库区主要支流统计，稳定性差的岩质岸坡共计长度为 53.7 km，占调查支流总长的 3.3%。上述说明，全库岸斜坡变形虽然有不强烈的特点，但分布不均，部分地段仍为发育、稳定性差，也常有重大崩塌、滑坡灾害事件发生。特别是水库蓄水、移民工程实施后，在库水和移民工程活动的作用下，部分地方的崩塌、滑坡灾害将会加重。

二、泥　石　流

泥石流是库区发育的又一外动力地质现象，有泥石流痕迹的沟谷达 270 余条，近期有活动性并具有一定危害的泥石流沟谷达 32 条，主要集中在巴东至云阳之间，属稀性泥石流类型。1991 年 8 月 6 日巴东县城发生重大泥石流灾害，数十万立方米洪水、块石、泥土从南侧

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

400～500 m 的山坡上，呈面状向城区奔泻而下，堆积土石达 29.4 万 m^3，造成 3 人死亡，78 人重伤；水电交通中断，1394 间房屋被毁，近 100 家企业受损，经济损失达 8968 万元。

三、水土流失

长江上游是我国水土流失严重地区之一，宜昌站多年平均输沙量达 5.2×10^8 t；近期有增强的趋势，80 年代初期达 6.34×10^8 t。库区水土流失面积已达 65%，年土壤侵蚀总量约 1.55×10^8 t。川东红层和黄陵结晶岩分布区，侵蚀模数一般为 1500～2500 $t/km^2\cdot a$，最高达 4000～5500 $t/km^2\cdot a$；碳酸盐岩分布区，水土流失较弱，年侵蚀模数多小于 1000 $t/km^2\cdot a$。

四、“三废”污染

随着库区沿岸现代化工业的发展，工业“三废”和城镇生活垃圾的任意排放，造成对库区环境及长江水资源污染日益严重。目前，库区城镇有重大污染源 73 个，其中重庆市 45 个，涪陵地区 9 个，万县地区 19 个。废水总排放量 10×10^8 t/a，其中工业废水占 8.15×10^8 t/a。目前经处理后排放的工业废水仅占 6.3%，其余直接排入长江，已造成局部江段的水质污染，其中以重庆市江段污染最甚，已形成沿江 40 km 长的严重污染带，长寿、涪陵、万县各江段也有程度不同的污染带形成。

污染物质主要包括有机物和重金属。重庆、长寿江段江水中的铜、铬、镉、钒含量较高，长寿、涪陵江段的汞含量高达 1 mg/L。万县江段铅、汞、镉、铬含量较高，其中铅、汞含量有时接近或超过饮用水标准。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第六章　三峡库区城市迁建地质环境质量损益经济评价

第一节　城市迁建地质环境质量经济评价研究的总体思路

一、基本任务

三峡工程举世瞩目，库区淹没城镇迁建是兴建三峡工程重要问题之一，也是实现移民安置的关键问题。城市迁建依赖于地质环境，三峡工程库区多为基岩中低山区，地质条件复杂，地质环境容量有限，存在着较严重的地质灾害，而且随着库区人口的增长，社会经济的发展，土地资源将日趋紧张。因此，就迁建城镇而言，合理地开发利用有限的土地资源，保护地质环境，避免潜在地质灾害造成的风险经济损失，将成为新城建设与发展面临的主题。

“长江三峡工程库区移民开发城镇迁建地质环境质量经济评价研究”作为国家“八五”攻关项目“长江三峡工程库区移民开发地质环境质量损益的经济评价研究(85-16-04-01-03)”中的一个子课题，也正是应上述问题研究所需设置。从国内来看，城市地质环境质量的经济评价研究尚处于起步阶段，其中结合大规模开发性移民所进行的地质环境质量损益评价研究基本属于空白。这样，本课题的研究无论从理论、方法和实践上均需进行开拓性的探索尝试。基于上述两方面的因素，为使课题研究更具实用性及达到解决问题的预期目的，确定本攻关课题的基本任务是：

(1) 研究地质环境各因素与人类活动的关系，分析评价库区城镇新址的地质环境质量；结合典型城镇的评价，对原生和次生的环境地质问题的种类、规模、危害性等特征进行分析，确定其地质环境主题要素。

(2) 通过典型城镇地质环境主题特征的分析，运用经济学的原理和方法，建立地质环境单元损益评价模型，进行规划建筑场地单元的经济评价。

(3) 在库区移民迁建城镇地质环境特征评价的基础上，确定地质环境质量经济评价的原则、标准和评价指标体系，建立数学模型，对库区迁建城镇新址地质环境质量进行综合比较和定量评价，为库区地质环境的合理开发与保护提供决策依据。

(4) 通过三峡库区移民工程城镇迁建的地质环境质量损益评价，建立一套适用于地质环境质量评价的理论与方法体系。

二、总体工作思路

为实现上述攻关目标，在参考有关国内外文献的基础上，广泛吸收前人的研究成果，结合库区的实际，建立了用于库区城镇迁建新址地质环境质量经济评价的研究技术路线(图 6-1)。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

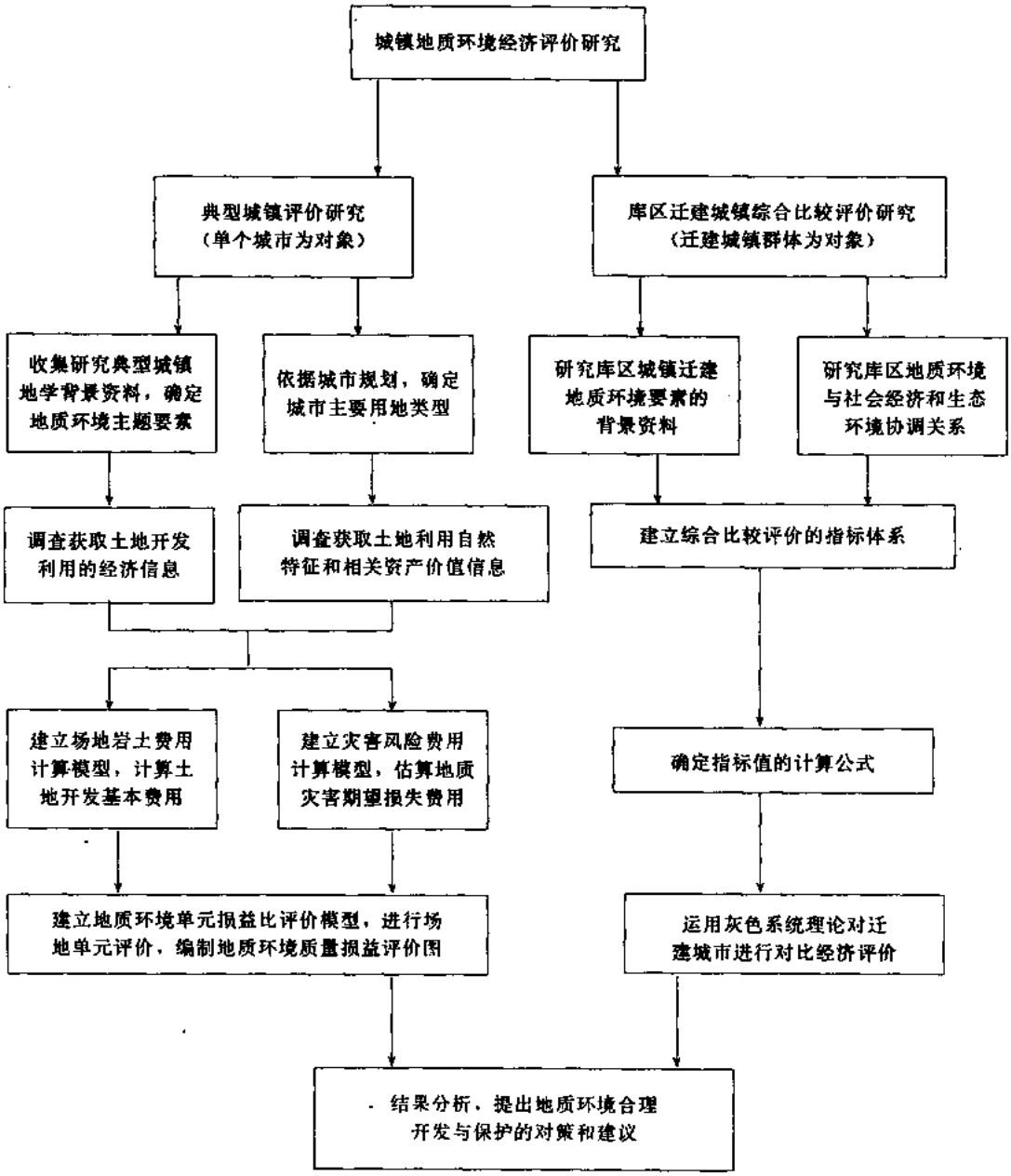


图6-1　库区迁建城镇地质环境质量经济评价研究总体思路

（一）典型城镇评价研究路线要点

（1）分析研究典型城镇地质环境的基本特征及其潜在制约因素（地质灾害），在此基础上确定能够全面反映影响城市建设与发展的地质环境主题要素。

（2）围绕地质环境主题要素，建立用以表征场地岩土特征的场地岩土开发费用计算模型及表征土地开发潜在风险的灾害费用计算模型。以此二模型为基础，并综合考虑地质环境资源要素的损益价值及土地利用形成的地面价值（建筑物价值等），依据费用效益分析的原理，建

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

立用于地质环境场地单元评价的损益比评价模型。

(3) 地质环境场地单元的评价，要同城市总体规划相结合，需依据城市总体规划确定土地利用类型，调查获取土地利用类型的自然特征及土地利用形成的地面资产价值(建筑物价值、室内资产价值)以及土地资源价值等。

(4) 依据评价结果编制地质环境损益评价图，提出迁建城镇地质环境合理开发利用的对策与建议。

(二) 库区城镇地质环境质量综合比较评价研究要点

(1) 将城市视为一个“地质环境—社会经济环境—生态环境”系统，研究库区城镇迁建地质环境要素的背景资料以及地质环境与社会经济和生态环境的协调关系，建立用以表征城市地质环境总体特征的经济评价指标体系。

(2) 把“地质—生态—社会”环境系统视为灰色系统，采用灰色系统的理论与方法，对迁建城市进行综合对比经济评价。

(3) 在评价结果的基础上，提出库区迁建城镇地质环境合理开发与保护的对策。

经济评价研究依赖于城镇迁建新址环境地质研究的程度，以及城镇所能提供的评价信息(如地学信息、经济信息、城市规划信息、土地开发利用信息)的完备性。本次研究在权衡比较的基础上，选定万县市作为典型城市进行评价研究，对库区迁建的 13 座县市级城市选定沿江分布的 9 座城镇进行对比研究，其他迁建城镇则因研究资料欠缺等原因，未列入本课题研究范围。

第二节　库区移民城市迁建评价研究的环境背景

一、城市建设现状与城市迁建规划

(一) 城镇建设现状

库区各市、县旧址是在长期历史过程中受自然环境和社会环境多种因素的制约，依坡傍水逐渐发展起来的。目前，这些城市大多用地面积紧张，建筑结构陈旧，布局不尽合理，缺乏公共建筑、文化场地、绿地。且道路狭窄、坡度大，尚有石阶步行道，交通、通讯均有不便。

历史上形成的三峡地区沿江集镇、人口稠密，人为环境结构不合理、不安全、不卫生、不科学，急待改造。更为严重的是，长江沿岸一大批无污染防治措施的工厂、矿山、企业，大量排放未经处理的废水、废渣、废气，各城镇居民产生的大量生活垃圾沿江岸堆放，生活污水直接排放入江，造成对长江水资源日益严重的污染。特别是位于库尾上游的重庆市，其排污量甚大，已成为库区最大的污染源，形成了重庆江段 40 km 长的严重污染段。其他沿江各城市也都存在着不同程度的污染。此外，一些工矿企业建在风景名胜区内，不仅给这些地区带来严重污染，且使具有独特美学结构的自然景观遭到无法修补的破坏。由于人口增长，住房紧张，各城市均出现未经统一规划的盲目挖坡采石、占地盖房的现象。这不仅打乱了城市规划布局，影响景观，恶化了城市环境质量；而且导致如滑坡、崩塌、泥石流、洪水、土壤侵蚀等灾害风险值的增加。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）城市迁建规划概况

三峡水库按 175 m 方案，需要全部或部分迁建的县、市级城市有 13 座。“三峡”库段内将被淹没的县城有 5 座，它们是湖北省的秭归、兴山和巴东县，四川省的巫山和奉节县，除兴山县外均在长江干流上；“红层”库段内干流上将被淹没的城市有万县、涪陵二市及云阳、万县、忠县、丰都和长寿 5 县，支流上还有开县也将被淹。除这些被淹县城外，还有乡级集(场)镇 140 个，各类工矿企业 1000 余家。需迁移安置城镇居民 39.3 万，占库区迁移安置人口总数的 54%，其中城市居民 28.52 万人，集镇 10.78 万人。

三峡工程库区移民的论证准备工作早在 70 年代末便已开始，经十余年的多方案比选，13 座拟迁城市的新址皆已初步选定(表 6-1)，其中巴东县、巫山县、奉节县、万县市、忠县、涪陵市、长寿县为依托旧城向山上后靠扩建，秭归县、兴山县、云阳县、开县、丰都县、万县为异地迁建。13 座城市新址都已进行了工程地质初勘，部分进行了工程地质详勘，其中长江干流涪陵以下 10 座城市还开展了新址环境地质研究。目前 13 座迁建城市都已完成建设总体规划，巴东和万县市作为首批试点已于 1984 年陆续开始新城建设。

受淹工矿企业多数已确定处理意向（防护、后靠改建、易地迁建），大部分完成受淹固定资产的登记和迁建补偿投资评估。工矿企业本是城镇的重要组成部分，除个别特殊者外，绝大多数都将随所在城镇一起搬迁，其场址规划也就含在城镇总体规划之中。

“三峡”库段内各城市旧址一般均位于长江峡谷中较缓的谷坡前缘或一、二级阶地上，是鄂西、川东山区通往长江的要塞型港口兼具有旅游城市特性。城市主体处于水库淹没范围内，需全部迁移。三峡以上的“红层”库段中各城市一般位于宽谷两岸前缘及沿江地带，属地、市、县级政治、经济中心和贸易集散地型港口，少数兼具旅游城市特性。城市主体大部或部分处于库区淹没范围内。

二、库区移民城市迁建新址地质环境特征[14]

(1) 三峡库区区域地壳稳定性总体较好，其中巴东、奉节二县城址地震基本烈度为Ⅵ度，其余各县、市皆小于Ⅵ度，属地壳基本稳定区。

(2) 库区奉节以东“三峡”段属中低山峡谷地貌区，以西四川盆地“红层”段属低山丘陵地貌区，新城址的地形条件总体上是西段优于东段。其中云阳、万县市、忠县、丰都、长寿地形条件相对较好，坡度小于 15°的平缓地多，且地面完整，缓坡地连片分布。兴山、开县、万县、涪陵四县市次之，平缓地也较多，冲沟少而浅。巴东新址再次之，平缓地较少且分布位置高(高程 300 m 以上)。巫山、奉节二县城址最差，其平缓地少(不足 30%)，分布零散。库首秭归新址的平缓地多，但沟、岭相间，相对高差大，但总体上仍属地形条件较好的城址。

(3) 库区岩石类型多样，软弱岩石(泥、页岩)、风化岩石的承载力达 0.52～1.2 MPa，能满足城市建筑地基的要求。土体的力学强度较低，其承载力为：粘性土 0.15～0.3 MPa，各类碎石土 0.2～0.4 MPa，土体结构不均，厚度不等，具有不均匀沉降和侧向变形等潜在不稳定因素。由此可见，地基稳定性的好坏主要决定于地基是岩体还是土体。库区新城址皆以岩体为主，故地基条件都比较好。岩体地基占城市建筑面积的比大致是：云阳、忠县、丰都均大于 95%；万县市、涪陵市、长寿县为 95%～80%；其余六县为 80%～65%。

(4) 城市新址区基岩岩质斜坡的稳定性一般较好，但巴东、巫山、奉节、万县市等县市有较多滑坡分布，对新城建设有一定影响。涪陵市虽还没有发现巨、大型滑坡，但规划新址

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 6-1　库区城镇迁建选址规划表

城镇名称	旧城现状			新址规划			
	高程/m	面积/km²	人口/万人	地　点	高程/m	面积/km²	2000年人口/万人
秭归县城 归州镇	90～200	1.0	1.04	剪刀峪	182～300	5.0	1.8
兴山县城 高阳镇	155～180	1.5	1.09	古夫镇	182～300	5.0	
巴东县城 信陵镇	85～180	1.0	1.33	黄土坡、 白土坡	182～400	2.1	2.6
巫山县城 巫峡镇	107～170	0.8	1.62	西坪、 大宁河岸	182～350	4.0	3.2
奉节县城 永安镇	127～170	1.56	3.05	白帝城、 草堂河	182～400	5.6	7.0
云阳县城 云阳镇	120～190	1.2	2.20	双江镇	182～300	4.0	5.0
开县县城 汉丰镇	166～172	1.29	2.86	骡马乡	182～250	3.6	
万县市	130～290	6.4	13.40	五桥、 龙宝	200～300	30.0	25.0
万县县城 沙河镇	143～170	1.4	2.38	周家坝	182～400	11.9	7.0
忠县县城 忠州镇	135～195	1.7	2.37	后靠东延	182～290	6.0	4.0
丰都县城 名山镇	150～162	1.3	2.78	王家渡	182～340	6.0	4.0
涪陵市	158～271	6.2	7.85	后靠东接	182～400	17.6	18.0
长寿县城 城关镇	170～340	5.5	5.19	后靠	182～380	7.5	
合　计		30.85	47.16			108.3	

的主体部分为下侏罗统砂、泥岩组成的非均一岩性层状缓倾外型斜坡，岩层中具较多泥化软弱夹层，岩体破碎，开挖临空后易产生滑坡（如建三环路时发生的三树滑坡），其斜坡稳定性较差。

（5）从城市供水条件看，“三峡段”优于“红层段”。三峡段各城市皆具备符合水质标准的丰富水资源，其中巴东新城仅无源洞泉便能满足近期供水需求，其余各县亦有地下水及山溪水可供利用，唯秭归新城需采用目前水质尚好的长江水；红层段除丰都、开县有水质好的支流地表水资源外，其余各县市皆需采用已遭不同程度污染的长江水。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、新城址可能产生的主要环境地质问题

（一）库岸再造问题

三峡水库库岸以岩质岸坡为主，水库蓄水后，库岸稳定性的破坏集中在有潜在崩、滑趋势的不稳定斜坡段。各拟迁城市新址多与三峡水库回水范围衔接，因而在临库面，沿回水线以上之斜坡、台地前缘受库水的侵润、浮托、水位消落导致的动水压力等因素的影响，将出现不同程度的局部库岸失稳和后退现象。

“三峡”库段各城市库岸多由坚硬岩体斜坡或高基座阶地构成。库岸稳定性实质属于斜坡稳定问题的一个特殊部分。换言之，不稳定库岸及其破坏范围就包含在沿水库分布的不稳定斜坡段内。秭归、巴东二城的岸坡主要由坚硬岩石组成，其岸坡再造不明显；巫山、奉节二城滑坡及土质岸坡的岸线较长，故岸坡再造将比较严重，速度也较快。其破坏的形式：土质坡段以冲蚀为主，滑坡段则是坍塌或下滑为主。

“红层”库段各城市库岸多由半坚硬岩石（砂岩）及软质岩石（泥、页岩）组成。由于岩石抗风化及抗水能力较弱，在以软质岩石为主体的库岸地段，在库水的长期作用下，有可能出现较广泛的库岸破坏和岸边再造问题。云阳、万县市、忠县、长寿四县市为具砂岩“盖子”的平顶陡崖岸坡，其库岸破坏的形式以小规模崩塌为主；丰都、涪陵为砂岩、泥岩互层的顺向坡，其库岸再造形式将以强风化带冲蚀和局部滑塌为主。“红层”库段各城市岸坡再造的速度较慢，其库岸的最终破坏范围一般小于 100 m，个别地段可达 300 多 m。

（二）斜坡稳定性问题

各拟迁城市新址多数位于长江两岸山体斜坡之上。斜坡稳定性如何是控制各城市选址及建设适宜性的主要因素，不稳定斜坡的发展趋势构成该类城市的重要环境地质问题。“三峡”库段诸城市新城址区中除秭归县新址自然斜坡稳定性良好外，其余城市新址区内均有不同程度的斜坡不稳定问题。“红层”库段各城市新址斜坡稳定性一般较好，少数城址区内局部地段有崩、滑等斜坡变形问题，但对城市主体布局影响不大，通过综合治理和合理规划后将无关大局。

滑坡、崩塌及泥石流等斜坡破坏问题在拟迁建城市中均不同程度地存在，以巴东、巫山、奉节、万县及涪陵较为严重。

三峡库区也是泥石流多发区，且各地都不能排除大暴雨的偶然机遇，从这个意义上讲，库区各城市皆存在泥石流灾害的可能。不过，从泥石流形成的地质环境条件分析，三峡库段巴东、巫山、奉节、涪陵四城市发生小规模泥石流的可能性最大。

（三）新城址水资源问题

库区内各城市新址供水水源不同程度地存在着问题。“三峡”库段碳酸盐岩类分布地区岩溶地下水资源相对丰富一些，有较多泉水可供开发利用。除秭归县新址区地下水资源较少，无供水意义外，其他城市均可适当利用地下水资源。如巴东县之无源洞暗河，其流量可满足县城近期生活用水需求；巫山县岩溶地下水较丰富，可供生活用水。水库蓄水后，各支流下游虽与长江水混合形成水库的一部分，但其上游清水来源丰富，水质纯净，仍较长江干流库段水质好，可作为地面水源。此外，三峡库段人口密度小，污水排放量较低，水质相对较好，经

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

净化处理后可用于城市供水。

“红层”库段的长寿、涪陵、丰都、忠县、万县和云阳等市县，都缺乏可供开采利用的地下水源。该区主要含水层为 T_{3x}、J_{2s}和 J_{3p}之砂岩，其渗透性较弱，补给来源有限，单井涌水量 94～115 m^3/d，泉水流量 2.6～16.4 m^3/d 可供开采利用的地下水仅赋存于浅部，水量有限，即使全部开采，也仅能满足各城市目前需水量的 10% 左右。因此各城市供水需依靠地面水源。因而长江水质问题关系到“红层”库段沿江各城镇人民的健康和安全。据已有资料表明，目前该段长江水已遭污染，各城镇江段污染的程度与城市工业废水及生活污水的排放量相关，其污染的严重程度依次为重庆江段＞长寿江段＞万县江段＞涪陵江段，其间忠县、丰都江段污染较轻，万县以下各江段污染更轻。水库建成后，江水流速变缓，自净能力减弱，加之沿岸城镇居民人口增加，工业发展，工业“三废”和生活污水排放量增大，势必加重库水污染。据万县、涪陵国土规划统计资料推算(表 6-2)，2000 年万县、涪陵废水排放量将分别达到 3.53×10^8t 和 3.76×10^8t，比 1985 年高 5.89 倍和 6.5 倍；2020 年两地区废水排放量将分别可达 15.33×10^8t 和 14.70×10^8t，比 1985 年高出 25 倍。库水将会遭到严重污染，特别是城镇附近水域会更重。届时库水是否还能作为库区供水水源，令人担忧；对水库下游长江水质也将产生不良影响。

表 6-2　万县、涪陵地区工业产值规划与废水预测

	1985 年			2000 年规划		2020 年规划	
	工业产值/亿元	废水/万 t	万元产值废水量/t	工业产值/亿元	废水量预测/万 t	工业产值/亿元	废水量排放/万 t
万县	11.7	5980	511	69	35259	300	153300
涪陵	10.76	5777.8	588	64	37640	250	147033

(四) 区域地壳稳定性及地震活动问题

库区处于具有中强地震历史背景区。近期活动性较强并发生过 5 级左右地震的活动性断裂带分布在库首外围地区及三峡东段，以仙女山-九湾溪断裂带及黔江-兴山断裂带为主要的潜在震源区。水库蓄水后有产生构造或称断裂活化型诱发地震的可能性。据有关论证判定，三峡水库诱发地震最大震级不超过 5.5 级，震源区距坝址区或三峡库段各城市较远。据烈度衰减公式推算，三峡库段内各城市新城址区地震影响烈度不超过Ⅵ度。

据三峡地区地球物理资料，区内莫霍面较深；布格异常梯度值较低；地壳年平均上升速度小于 1 mm/a(更新世以来，巫峡地区抬升速度为 0.358 mm/a)；区内罕见热水或温泉，表明大地热流值较低；各城市地震基本烈度不超过Ⅴ度，预测地震影响烈度最高为Ⅵ度。按中国科学院地质所有关地壳稳定性评价标准，三峡库区各城市新城址均处于地壳基本稳定或稳定区内，适于工程建设，一般城市建筑物不需设防。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第三节　万县市新址地质环境质量经济评价研究

一、万县市新址地质环境主题特征

（一）万县市地质环境主题特征①

地质环境主题的确定，应以能表达地质环境的利用和保护为目的。主题特征要依据现有的环境地质问题和已产生的或潜在的地质灾害来描述，同时还要反映地质环境利用过程中土地工程潜力开发的成功经验，二者都是为了在评价时能够科学、准确地表现地质环境的质量等级；此外，主题特征应具有典型性和空间区域性相统一的特点，即不但要求内容上的典型性，而且还要求空间分布上的广泛性。

根据上述原则，综合分析万县市城市地质环境制约因素，可以归纳出以下几个方面的主题特征，即斜坡稳定问题、库岸稳定问题以及地形坡度、地基土的质量、水体污染等问题。

1. 斜坡稳定问题

由于自然地质作用和人类活动的影响，万县市地质环境不断恶化，已成为影响当地经济发展和工程建设的重大问题之一。万县市地处长江河谷斜坡地带，斜坡变形破坏现象严重，滑坡、崩塌（危岩）较为发育，特别是在市区附近尤为突出。三峡水库的修建，使长江水位抬升以及由此而引起的新城区开发和旧城区的改造，必将对部分斜坡产生不良影响，加剧斜坡的变形破坏。因此，斜坡稳定问题是万县市城区较为突出的环境地质问题之一。

研究区内斜坡变形破坏现象分布较为广泛（图 6-2）。根据调查资料统计，区内有不同规模的斜坡变形体共 62 处，总体积达 $26256.42\times10^4m^3$。其中滑坡（变形体）有 32 处，体积达 $25675.5\times10^4m^3$；大致可以分为驸马乡滑坡群、枇杷坪滑坡群、草街子滑坡群、安乐寺滑坡群、太白岩滑坡群、吊岩坪滑坡群和付家岩滑坡群等七大滑坡群。崩塌（危岩）体 30 处，体积为 $580.92\times10^4m^3$。平均变形破坏模数 $165.8\times10^4m^3/km^2$，平均变形破坏密度 0.39 个/km^2。

1）滑坡（变形体）

根据滑体的组成物质，区内滑坡可分为松散堆积物滑坡和基岩滑坡两大类。

基岩滑坡是指区内枇杷坪、草街子、安乐寺、太白岩、吊岩坪和明镜滩等古滑坡，主要分布于万县老城区苎溪河两岸及枇杷坪、明镜滩等地，以特大型为主。滑坡多发育于万县向斜轴部附近的侏罗系上沙溪庙组 J_2^{3-6} 的泥岩夹砂岩层位中。滑坡表面地形起伏较大，一般呈凸形或折线形，鼓丘、洼地及滑坡台阶较发育；滑坡厚度大，一般在 20～30 m，个别达 60 m 以上，且厚度变化大，表现为后部厚前缘薄。在滑体中后部和前部均可见完整性与成层性较好的碎裂岩体，其产状变化大。滑面多沿泥岩与砂岩接触面发育，后缘高程 250～400 m，前缘剪出口高程一般在 180～210 m，且滑面平缓；滑体中含孔隙裂隙潜水，在前缘地带有地下水渗出形成湿地。其变形破坏方式为滑移—拉裂或滑移—压致拉裂。该类滑坡目前整体稳定，不会发生大规模的复活活动，但老滑坡内局部复活变形明显，形成新的次级滑动或滑坡。

松散岩类滑坡主要由崩滑体转化或由古滑坡的部分复活形成及残坡积层的蠕滑变形，因而滑体物质组成随滑坡发育的松散堆积层成因类型而异，区内这类滑坡主要由粘土、亚粘土

① 万县市统计局，万县统计年鉴，1994。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

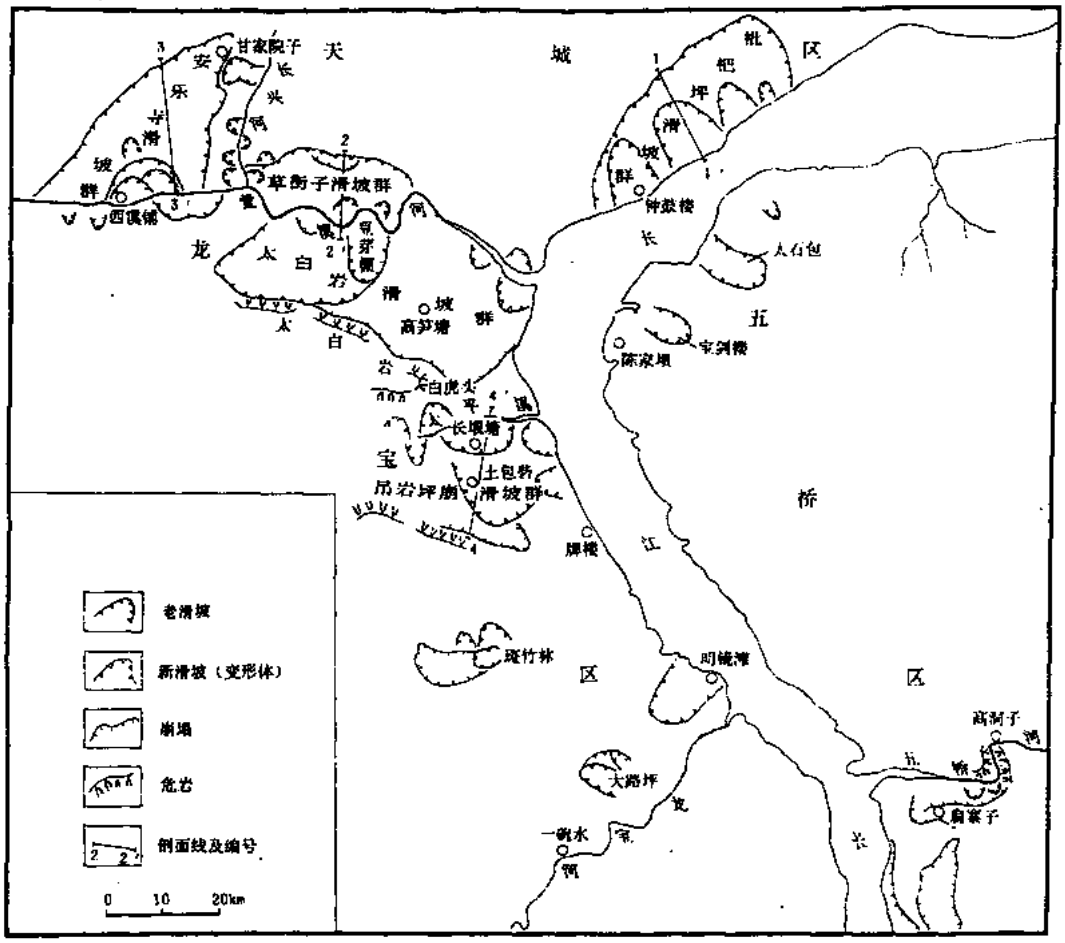


图 6-2　万县市新城址滑坡崩塌分布图

夹块碎石组成，古滑坡及崩塌堆积体复活变形形成的滑坡块碎石含量较高，残坡积层蠕滑变形形成的滑坡粘土、亚粘土含量较高。滑面主要为第四系松散物质基床面或古滑坡内滑动面，其形态明显受堆积床面或古滑坡的滑面形状所控制，一般为折线形或不规则弧形。滑体中一般含有孔隙潜水或孔隙裂隙潜水。这类滑坡主要发生在雨、汛期，特别是暴雨期，其变形破坏方式主要为蠕滑拉裂。目前，该类滑坡变形特征明显，稳定性较差，一旦触发，特别是暴雨的影响，将产生失稳滑动。

根据滑坡群的规律和位置与万县市城市规划布局的关系，以枇杷坪滑坡群、草街子滑坡群、安乐寺滑坡群、太白岩滑坡群、吊岩坪滑坡群对万县市城市建设有较大影响。

2）崩塌(危岩)

崩塌是本区最活跃的自然地质作用之一，1958 年和 1985 年分别在张家湾和万元造纸厂发生了规模较大的、且造成经济损失的崩塌，其他如五桥河河谷两侧、岩上小学附近、龙宝山麓以及距江岸较近的沱口—物资局码头一带等处，均有大量崩积物，说明过去曾多次发生不同规模的崩塌，而且至今仍不断有零星少量的岩石块体坠落。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

本区崩塌危岩主要分布于由软硬相间砂泥岩组成的上砂下泥陡坡地段，发育于上沙溪庙组第三段的Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ、Ⅶ、Ⅸ岩性段中的厚层长石砂岩中。规模一般(2～5)×10⁴m³，按岩体的破坏特点可分为倾倒式崩塌、滑落式崩塌和坠落式崩塌三种类型。从平面分布上看，区内危岩主要分布于太白岩、吊岩坪、江陵仪器厂这三个地带的陡崖段，它们对市区有重大影响。此外，崩塌、危岩还零星分布于区内各地，如白虎城、天子城、万虎城及李家岩等地。

目前，上述危岩段岩体变形比较明显，有的已被卸荷裂隙切穿整块岩体，其下岩腔发育，且岩体松散破碎，裂隙宽大，扩展趋势明显，有随时崩落之势，危及城区居民的生命财产安全。

2. 库岸稳定问题

自然边坡在水库蓄水后的稳定问题，是自然界与人类活动之间冲突、协调和顺应的典型问题。库岸稳定与否，取决于自然边坡变形失稳的边界条件，库水变化及人类活动的强度。

按三峡水库175 m正常蓄水位考虑，本区上游段与下游段为宽谷段，江面宽度为1000～1500 m，最大宽度可达2500 m；中游段(三舟溪—明镜滩)为窄谷段，江面宽度400～1000 m，最宽为1250 m。库岸线总长54 km，其中长江两岸库岸线长度为32 km；苎溪河两岸岸线长度为13 km，龙宝河两岸库岸线长度为6 km；五桥河两岸库岸线长度为3 km。

根据各库岸段岩(土)体结构，可将本区库岸分为基岩类库岸和松散岩类库岸。基岩类库岸包括砂岩、泥岩、砂泥岩互层构成的陡库岸，边岸坡度可达30°～60°。包括长江左岸的穿鼓洞洞口—驸马河河口、香池沟—七里沟一带；长江右岸的翠屏—油房沟及苎溪河的大地坪以西和龙宝河的河口—地坝咀等地段。松散岩类库岸包括长江右岸桃子园至陈家坝、苎溪河的丝厂以西、龙宝河的一碗水、五桥河的江陵仪器厂一带以及处于淹没、半淹没状态的新老滑坡崩塌体所构成的缓坡库岸，一般坡度小于10°。

水库正常运营后，按165 m枯水位计算，年消落水位为10 m。由于地下水位的周期性变化和水浪击岸等营力作用，库岸地段将会产生库岸再造。因此，对于库岸稳定问题，实质上是水库蓄水后使库岸发生塌岸的问题。水库塌岸的形式主要有：基岩类库岸段沿岸卸荷裂隙密集带产生崩滑；松散岩类库岸段出现坍岸和滑移以及老滑坡的局部性复活。对于自然边坡来说，塌岸研究的重点是非温态边坡区划，然后是破坏速度与最终塌岸宽度的预测。

由于对中生代红层砂、泥岩互层岩石目前还没有预测库岸破坏最终范围的可靠方法。根据已有资料采用不同岩类的水上、水下稳定坡角及水下饱和角进行图解可大致预测不同岸段可能的再造宽度(图6-3)。本区29条库岸剖面(图6-4)的最终塌岸宽度值如表6-2。将不同剖面塌岸的最终点连成曲线即库岸的最终塌岸范围。

预测结果表明，基岩库岸段中，泥岩再造带宽度一般为10～48 m，最宽可达74 m；砂岩再造宽度一般为5～30 m，最宽可达40 m；松散岩类库岸段再造带宽度一般为20～116 m，最宽达300余m，如半边街、巨鱼沱等库段。

对于库岸再造的相对速度，受边岸各区段的岩体裂隙发育特征、岩性组合、岸坡坡度、边岸形态和风吹高程等方面的因素影响。

除长江两岸外，苎溪河、龙宝河两岸在水库蓄水后，也有可能发生不同宽度的塌岸。龙宝河、苎溪河的塌岸将有可能沿着松散堆积边坡发生，如草街子滑坡前缘和五梁桥附近等地；或是砂岩分布不集中且裂隙又比较发育的地段。

3. 地基土承载力问题[15]

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

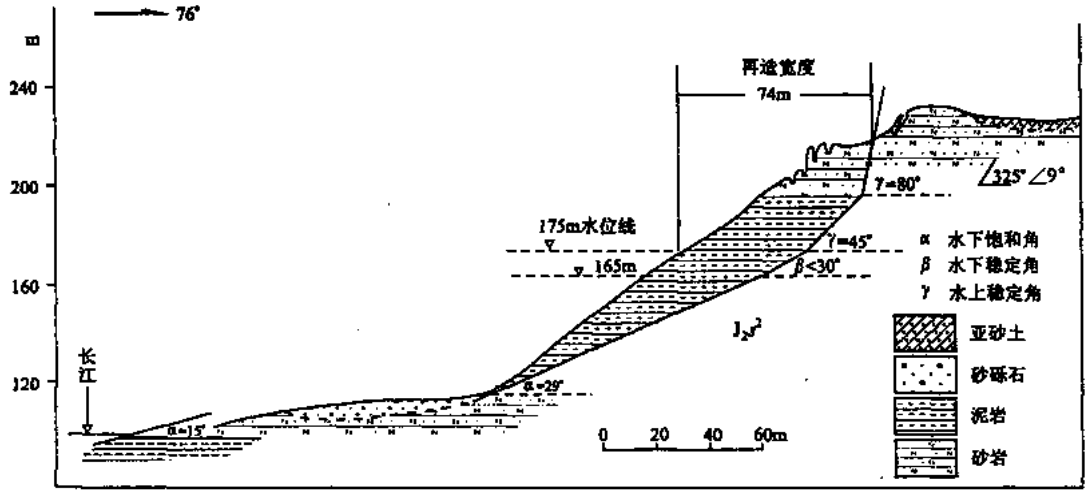


图 6-3 预测库岸再造宽度图解示意图

表 6-2 库岸再造最终宽度

单位：m

剖面号	最终宽度	再造方式	剖面号	最终宽度	再造方式
1	0		16	30	倾倒、崩塌
2	0		17	0	
3	48	坠落、崩塌			
4	20	滑移	19	10	滑移
5	400	滑移	20	0	
6	0		21	5	滑落、崩塌
7	0		22	40	滑移
8	116	倾倒、崩塌	23	0	
9	0		24	15	滑落、崩塌
10	0		25	10	倾倒、崩塌
11	48	滑移	26	74	坠落、崩塌
12	0		27	70	滑移
13	0		28	10	滑移
14	0		29	40	坠落、崩塌
15	10	滑落、崩塌	30		

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

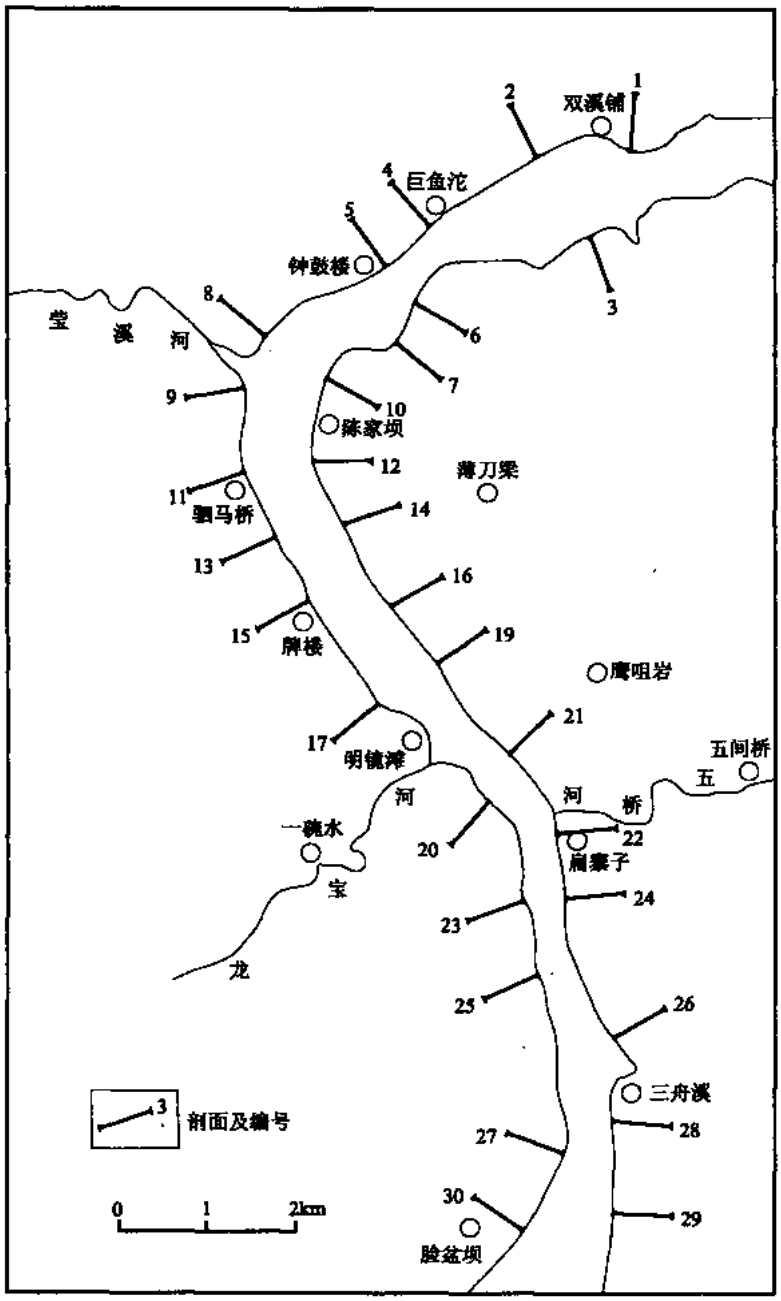


图 6-4　蓄水后长江边岸再造宽度预测剖面位置图

地基土质量的优劣与地层物质组成、固结程度、厚度、所处地貌位置等有密切关系。

新城址区内分布有多种成因的第四系。由于基岩较易风化，因而残积物分布很广，岩性因基岩而异，厚度一般为 0.5～2.0 m。坡积物分布不广，且厚度较小。重力堆积包括崩塌和滑坡堆积物两类。前者分布于上部为厚—巨厚层砂岩的陡崖崖脚，组成物以大小不等的砂岩块体为主，后者是本区第四系厚度最大的地层，可达 20 m 以上。冲洪—积和冲积物分布于长江支流河谷和残存的长江阶地上，分布面积和厚度均较小。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1）第四系松散堆积物地基土

本区第四系虽属多种成因，但就岩性而言，除陡崖下某些局部地段分布以大块石为主的崩塌重力堆积以外，多数为粘性土，其中夹卵石、碎石和块石。总的说来，各种成因类型第四系堆积物的物理力学指标值变化不大，亦即均质性较高。因此，对于作为地基的相对优越性主要取决于厚度。本区第四系厚度一般小于 10 m，局部可达 20 m。对于厚度小于 2 m 的土层一般在建筑物施工中均被挖除。对于厚度在 2 m 以上的土层，由于承载力可以满足非高层建筑物的要求，应予利用；但对高层建筑物则需视不同情况采用不同的基础类型。

2）基岩风化壳地基土

本区地表浅部的砂、泥岩均经受了不同程度的风化作用，存在不同程度和不同厚度的风化层。岩体风化程度与岩性差异、岩体中可溶物质的含量、岩石碎屑颗粒抗风化力的大小、地形地貌及水文地质条件密切相关。如以石英、长石等为主的半坚硬－坚硬的砂岩体抗风化能力高于泥岩体，前者强风化带厚度一般为 2.0～5.0 m，最厚达 6.7 m；而后者强风化带厚度则为 4.0～8.0 m，最大可达 13.2 m。由于研究区内岩石为软(泥岩)硬(砂岩)相间产出，倾角平缓，岩体风化主要表现为相对均一的层状和似层状风化。风化层的厚度受岩体所处的干湿条件和水文地质条件的影响明显，同时与盖层结构和地形地貌条件密切相关。一般来讲，当上覆物质为透水的粘砂土、块石土、碎石土时，有利于地表水下渗至基岩岩体形成一个干湿交替环境，使岩体风化得以向深部扩展；地形缓倾部位较陡崖或陡坎处风化层厚度大。

根据岩体的风化特征，可将本区风化岩体分为强风化层、中等风化层、弱风化层三种类型。

(1) 强风化层：广布于全区，以地势低平地段厚度大、埋藏深，宽缓沟谷次之，基岩裸露的斜坡段最小。泥岩强风化层承载力小于 0.37 MPa，砂岩强风化层承载力 0.39 MPa（表 6-3），一般不宜作建筑地基。

表 6-3　风化层的地基承载力

风化岩	岩　性	饱水抗压强度 R'/MPa	系　数 K	承载力 R/MPa	确定方法
强风化	砂　岩	/	/	0.39	工程地质类比
	粘土岩	/	/	0.37	
中等风化	砂　岩	55.6	0.076	4.20	$[R]=KR'$
	粘土岩	5.6	0.1	0.52	
弱风化	砂　岩	90.5	0.1	9.05	$[R]=KR'$
	粘土岩	14.9	0.1	1.49	

(2) 中等风化层：基本上遍及全区，部分砂岩地段缺此带，表现为强风化层与弱风化层相接或第四系物质直接与弱风化层相接。中等风化层的发育厚度在砂岩、泥岩间差别不大，一般为 5～12m，砂岩风化层承载力 2.5～4.2 MPa，适合于多层以上建筑物地基；泥岩风化层承载力 0.4～0.56 MPa，可作一般建筑物地基。

(3) 弱风化层：广布于全区，厚度一般为 1～5m，其强度接近于新鲜基岩。砂岩弱风化

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

层承载力 3.9～10.0 MPa，可作为高层建筑物地基；泥岩弱风化层承载力为 1.0～2.0 MPa，可作为多层建筑物地基。

4. 水体污染

研究区主要分布于长江及其支流竺溪河、龙宝河、五桥河、太平溪岩岸。随着国民经济的发展和人口数量的增加，城区逐渐扩大，工业三废、生活污水的排放及化肥农药的施用，使该区地表水、地下水都遭到不同程度的污染，水质逐渐恶化。

1）水体污染源与污染物分析

根据污染物的排放源，可将本区污染源分为工业污染源、农业污染源和生活污染源三种类型。不同的污染源排放的污染物也不相同。

工业污染源主要是工业“三废”污染。万县市厂矿企业较多，工业门类齐全，乡镇企业发展迅速。但由于基础设施落后，设备陈旧，资源、能源利用率低，工业“三废”排放量大，特别是未经处理的废水，任意排放，直接排入长江及其支流，不仅使地表水受到污染，同时污水渗入地下，造成地下水污染。据不完全统计，万县市区内排放工业废水、废渣量大源多，工业废水排放量达 4432.78×10^4t，废水中主要污染物有 COD、BOD_5、SS、NH_3-N、挥发酚、氰化物、硫化物、石油类等(表 6-4)，区内废水污染严重的行业主要有化学工业、造纸及纸制品业、食品、饮料和烟草制造业。

表 6-4　万县市废水及污染物排放量统计表

项目	废水量/(10^4t/a)	主要污染物排放量/(t/a)							
		COD	BOD_5	SS	NH_3-N	挥发酚	氰化物	硫化物	石油类
数据	4432.78	17081.47	4027.27	10760.01	163.43	45.910	0.5405	6.171	46.89

农业污染源主要为施用化肥、农药而引起的，是影响地下水水质的最重要的人为因素之一。为了粮食增产和防治虫害，农业耕地的化肥、农药施用量逐渐增大，从而造成地表水和地下水的有机物污染及营养物质的污染。

生活污染源主要集中于人口密集、居民高度集中的城镇地带，包括生活废水和废渣。大量的生活废水、废渣及人畜便直接或间接地向长江水系排放及向地下渗透，致使地表水、地下水不断受到污染，发生水质恶化；露天堆放的垃圾，经雨水长期淋滤，不但污染大气、土壤，对地下水也产生不同程度的影响。据统计资料，万县市 1991 年生活废水排放量为 1662×10^4t，1992 年为 1564×10^4t。

此外，研究区酸雨现象比较严重，且分布普遍。据监测资料，近年来雨水 pH 值年变化范围为 3.92～4.56，且有逐渐变小的趋势，而酸雨频率却在逐年加大。酸雨不仅对城镇设施、农业生产和林业造成直接影响，而且对土壤、地表水和地下水水体也造成一定程度的污染。

2）水体污染现状及趋势分析

(1) 地表水污染现状与趋势。据江南水文队(1994)采用内梅罗综合污染指数法和模糊数学法对本区地表水体的评价结果表明，长江水在区内各断面均被中等程度污染，属Ⅱ级水，水质差。按国家标准衡量，COD、Cu^{2+}、细菌总数、大肠菌群在不同江段出现不同程度的超标，特别是 COD、细菌总数和大肠菌群，其超标率高，超标倍数大。并且 Ag^{3+}、Hg、Pb^{2+}等有毒

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

物质在不同段面均有不同程度的检出。区内三条主要次级支流也遭到一定程度的污染。As^{3+}、Hg、Pb^{2+}、Cr^{6+}等有毒物质在各支流的某些断面均有检出，COD超标率高，超标倍数大。

随着经济建设的发展，城镇废渣污水排放量逐年增大，环境质量不断恶化，水质污染的趋势将逐渐加剧。此外，三峡工程的修建，使江水水动力条件发生明显改变，流速变小，稀释能力减弱，自净作用降低，污染物扩散能力减弱，特别是在岸边污染物排放集中部位更易形成岸边污染带。江水水位抬升，位于现今江岸的固体废弃物将淹没于水中，也将使水体污染加剧。

(2) 地下水污染的基本特征。区内地下水水质受到了不同程度的污染。按活动饮用水标准衡量，地下水中全Fe、Mn、总硬度、总矿化度、NO_3^-、NO_2^-、NH_4^+、细菌总数、大肠菌群、SO_4^{2-}、As^{3+}、Cd、Hg、Pb^{2+}均出现超标，其中以全Fe、Mn^{2+}、NH_4^+、细菌总数、大肠菌群超标较普遍，超标倍数大。从平面分布上看，建筑物密集区及厂矿附近，地下水水质较差，污染较严重，这表明污染源以工业污染源和城市生活污染源为主，地下水明显受工业“三废”及生活污水的污染。其次，城郊农业区大量施用化肥是引起地下水中“三氮”含量升高的重要原因。因此，随着城乡工农业生产的发展，城镇扩大，人口增加，工业“三废”、生活污水的排放及化肥、农药的大量施用，必将使得区内地下水污染日益加重。因而必须采取必要的防护措施，以保护地下水水质不受污染或减轻其污染程度。

二、万县市新址地质环境质量损益的定量分析

(一) 地质环境质量经济评价的基本原理[16]

对城市地质环境而言，环境质量是指构成地质环境的各要素对土地开发利用的适宜程度，这种适宜程度包括正负两个方面。正的方面是指环境要素为土地开发利用时所提供的优异条件，如：优良地质体(土地资源)、水资源、建材资源等；反的方面是指环境要素对土地开发利用时所带来的制约作用，如：劣质地质体、地质灾害等。地质环境质量与土地开发利用间的适宜程度，则可用土地开发利用时所发生的费用与土地利用时所产生的价值的比值大小来表示。因此，地质环境质量的经济评价过程实际上可以认为是对土地开发费用与土地利用价值的比的运算过程，即损益比的计算(图6-5)。损益比的大小即是地质环境质量好坏的表征，其一般规律是：比值大，则质量差；比值小，则质量好。

1. 土地开发费用(或称地质环境开发费用)类型

土地开发费用(地质环境开发费用)类型主要有以下几种：

(1) 土地开发利用的基本费用(Q)：主要包括场地平整费用、地基基础费用(下部费用)等，基本费用是场地岩土特征的基本表征，费用高低可反映地质环境固有质量的优劣，如需不需进行地基处理的场地，地形平缓与地形陡峭的场地，可形成高低不同的土地开发基本费用。

(2) 土地开发的风险费用(U)：即地质灾害引起的期望损失费用。期望损失费用是指隐含于地质环境中的风险费用，其值的大小表征作为土地利用时风险程度的高低。地质灾害是反映地质环境质量的重要因素，地质灾害严重，地质环境质量愈差，土地开发利用时风险愈大。

(3) 资源损失费用(Z)：主要指水污染引起的损失费用、灾害引起的土地资源损失费用以及城市规划区内可能的矿产资源、建材资源等由于土地利用而造成的机会损失费用等。资源损失，是土地利用负价值的表现(本次研究对机会损失、水资源损失未作考虑)。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

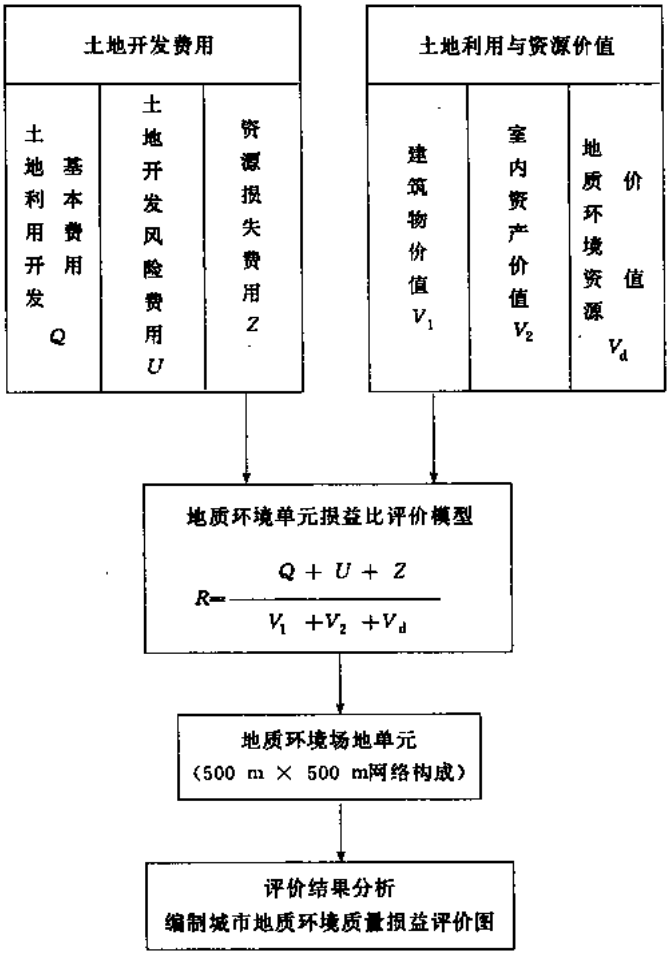


图6-5 城市地质环境质量经济评价原理框图

2. 土地利用价值与资源价值[17]

(1) 资源价值指地质环境资源价值(V_d),包括土地资源的价值、水资源价值等。土地资源的价值可等同为土地的地价，土地的地价则是土地可利用程度的优劣体现。地价越高，表明土地利用价值越大，否则相反。同理，处在不同水文地质条件下的场地单元地质体，其利用价值的高低也不同。

(2) 土地利用价值(V_1、V_2),是指城市土地资源作为某种土地使用类型时所形成的地面价值。主要包括建筑物价值与室内资产价值。一般来说，这种价值的形成随土地利用类型的不同而变化，为一种机会价值(即同一土地资源作为不同土地类型使用,其产生的价值不同)。

(二) 地质环境质量经济评价定量分析的步骤

依据评价原理，根据典型城市评价思路的设计，万县市地质环境质量经济评价的定量分析主要包括以下几个步骤(图 6-6)：

(1) 依据万县市城市总体规划确定城市主要用地类型；

(2) 调查获取土地利用的特征及所需的评价参数；

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

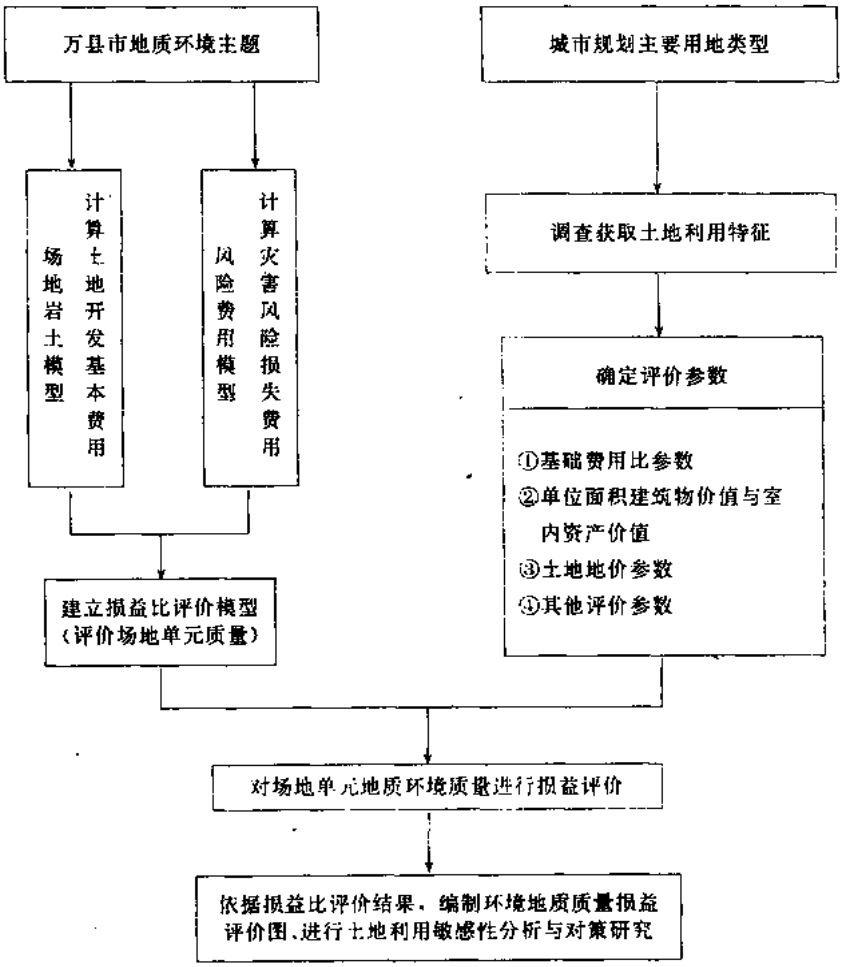


图6-6　万县市地质环境质量定量评价实施框图

（3）依据万县市地质环境主题要素，建立场地岩土模型、计算土地开发的基本费用，建立风险费用模型、计算土地开发的风险费用；

（4）建立地质环境质量损益评价模型，对地质环境场地单元进行评价；

（5）根据评价结果，编制万县市地质环境质量损益评价图，并进行敏感度分析，确定土地利用的最佳选择方案。

（三）土地利用特征及评价参数的确定

1. 规划用地类型及土地利用特征

根据万县市新址地区城市总体规划，万县市土地利用类型分为四大类六种。其土地利用特征详见表6-5。

2. 城市规划区内评价参数的确定

（1）建筑物及室内资产价值[18]。建筑物及室内资产价值主要依据万县市统计资料及典型建筑物类型的单位造价、建筑容积率和室内资产而确定，取值详见表6-6。

（2）地基基础费用比例。根据万县市目前对各类建筑物的投资，将不同土地利用类型建筑物基础费用与整个建筑物造价之比值（基础费用比）列于表6-7。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

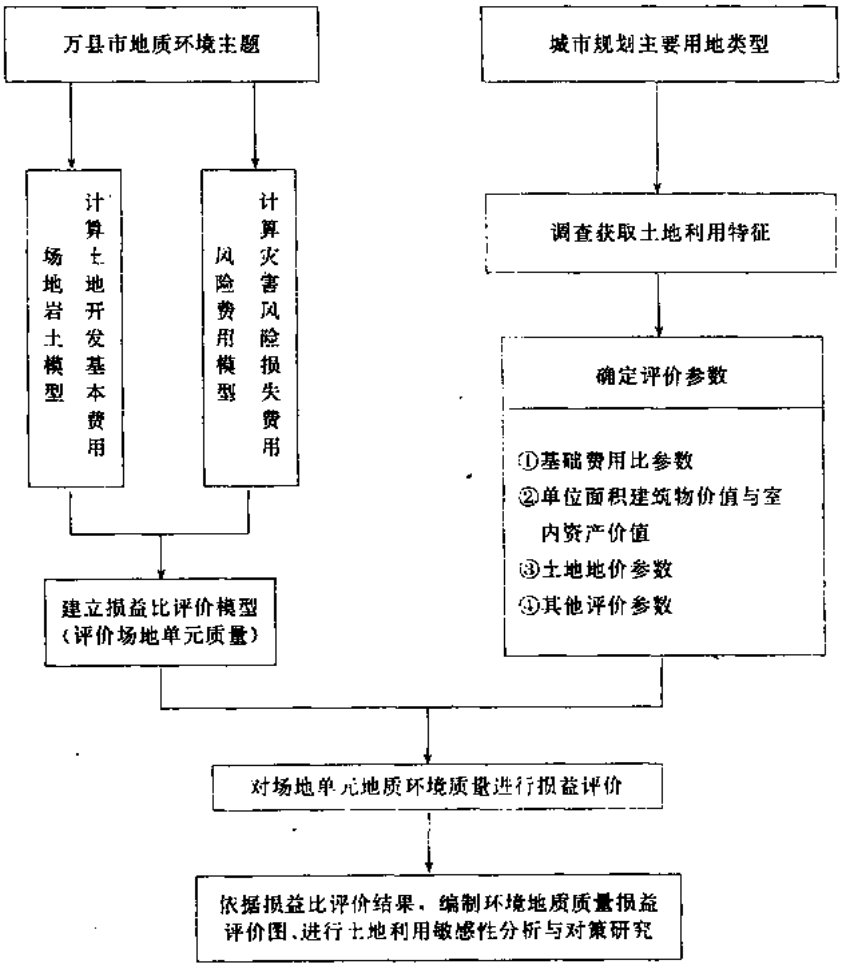


图6-6　万县市地质环境质量定量评价实施框图

（3）依据万县市地质环境主题要素，建立场地岩土模型、计算土地开发的基本费用，建立风险费用模型、计算土地开发的风险费用；

（4）建立地质环境质量损益评价模型，对地质环境场地单元进行评价；

（5）根据评价结果，编制万县市地质环境质量损益评价图，并进行敏感度分析，确定土地利用的最佳选择方案。

（三）土地利用特征及评价参数的确定

1. 规划用地类型及土地利用特征

根据万县市新址地区城市总体规划，万县市土地利用类型分为四大类六种。其土地利用特征详见表6-5。

2. 城市规划区内评价参数的确定

（1）建筑物及室内资产价值[18]。建筑物及室内资产价值主要依据万县市统计资料及典型建筑物类型的单位造价、建筑容积率和室内资产而确定，取值详见表6-6。

（2）地基基础费用比例。根据万县市目前对各类建筑物的投资，将不同土地利用类型建筑物基础费用与整个建筑物造价之比值（基础费用比）列于表6-7。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（四）评价模型的建立[20]

依据万县市地质环境主题特征，建立经济评价数学模型如下。

1. 地质环境主题费用计算模型

（1）场地岩土开发费用计算模型。场地岩土开发费用计算模型，主要用于计算地质环境评价场地单元土地开发利用的基本费用，即地基基础费用（简称下部费用），计算模型由下式表示：

$$Q = \sum_{i=1}^{n} A_i(\beta_i \cdot Y_i + q) \qquad (n = 6)$$

式中 Q——场地单元内地基基础费用（万元）；

A_i——单元内不同用地类型面积（ha）；

β_i——不同用地类型基础费用占建筑物造价的百分比；

Y_i——单位面积建筑物价值（万元/ha）；

q——场地单元不同用地类型单位面积开发附加费用，依据场地单元内地形坡度、地基岩土体特征、建筑物类型、冲沟切割程度等因素确定，取值为0、80、170万元/ha。

（2）灾害风险费用计算模型。灾害风险费用计算模型是针对万县市规划区内存在的潜在地质灾害建立的计算模型，用以估算城市规划区内地质灾害对评价场地单元可能产生的期望损失费用。风险费用计算，一般要考虑灾害发生的概率。依据万县市环境地质主题特征及有关地学研究资料，本次灾害涉及的滑坡为不稳定的滑坡变形体，故从最大可能发生的角度假设其概率为 $P=1$。对库岸再造亦作同样的处理。

灾害风险费用计算模型用下式表示：

$$U = \sum_{i=1}^{n} S_i \cdot (Y_i + Z_i) + S_0 \cdot p \qquad (n = 6)$$

式中 U——场地单元内灾害风险费用（万元）；

Y_i——单位面积建筑物价值（万元/ha）；

Z_i——单位面积室内资产价值（万元/ha）；

p——不同城区单位面积土地价格（万元/ha）；

S_i——单元内滑坡影响区不同用地类型面积（ha）；

S_0——单元内滑坡影响区面积（$S_0 = \sum S_i$）（ha）。

2. 场地单元价值模型

主要用以计算场地单元内资产与资源的总价值，计算公式如下：

$$V = \sum_{i=1}^{n} A_i \cdot (Y_i + Z_i) + A_0 \cdot p \qquad (n = 6)$$

式中 V——场地单元内资产与资源总价值（万元）；

A_i——单元内不同用地类型面积（ha）；

A_0——场地单元面积（ha）。

其他符号意义同前。

3. 场地单元损益评价模型

根据前述地质环境质量损益评价原理分析，损益评价模型主要用以分析判定每个单元场

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

地地质环境质量的优劣，模型如下。

$$R = \frac{Q + U}{V}$$

式中 R——地质环境质量损益比。

其他符号意义同前。

（五）地质环境损益评价

1. 损益分析计算流程

万县市新城址区 2010 年城区规划面积近 50 km^2，分析计算是 1∶10000 城市规划图作为工作底图，按评价精度要求将工作底图按 500 m×500 m 进行网格化，将规划区内场地划分出 262 个计算单元。按损益比评价模型(R)，首先计算每个场地单元中地质环境主题要素对不同土地利用类型产生的损失费用，并进行叠加，求得场地单元损失费用总值，然后按场地单元损失费用占土地单元总价值的百分比计算出每一场地单元的 R 值，计算过程如图 6-7。

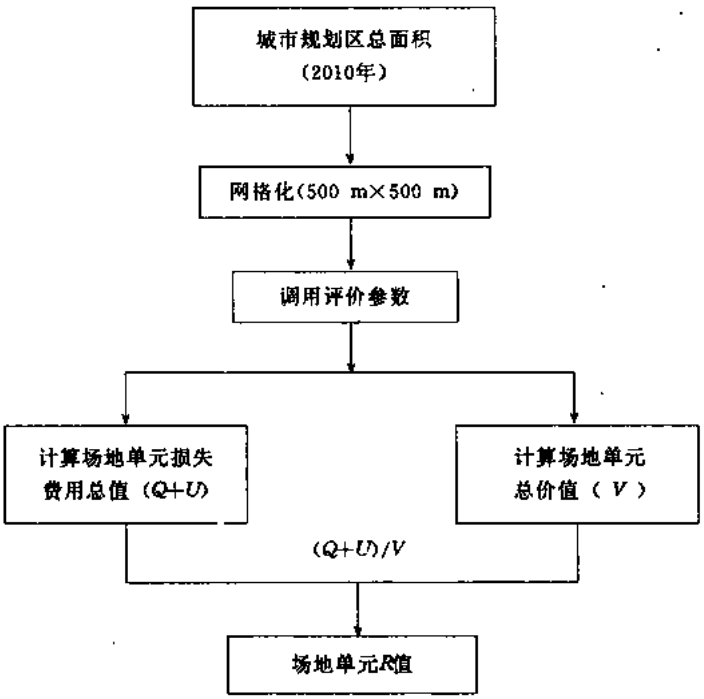


图6-7 万县市地质环境质量损益分析计算流程

2. 评价结果与编制图件

通过上机计算 R 值，从量化的角度较好地表达了地质环境质量的内涵，实现了将地质环境质量的地学信息转化为规划决策部门易于接受的经济信息。R 值计算的评价结果，参见表 6-9。

依据 R 值的计算结果，以 1∶50000 地形图为底图，采用不同的图形符号编制了万县市地质环境质量损益评价图(图 6-8)。该图不仅清楚的表达了评价结果，展示出地质环境与城市规划建设发展的协调关系(或适宜程度)，也为万县市新城规划建设的土地资源合理开发利用，提

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

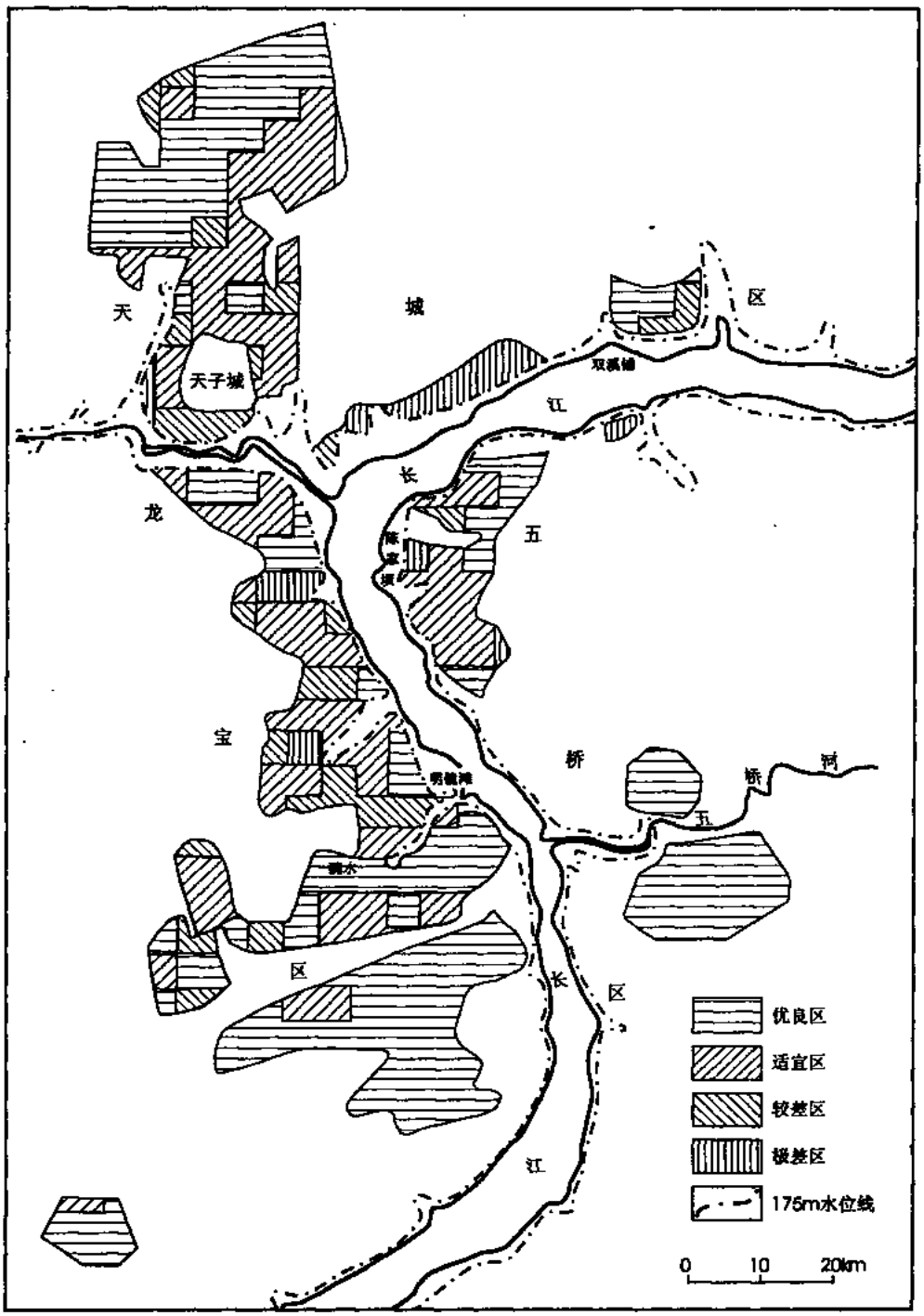


图 6-8　万县市地质环境损益评价图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

供了优化选择的依据。

表 6-9　万县市地质环境质量损益评价表

等级	地质环境质量损益比/(%)	单元个数	各等级区占全区比例/(%)	地质环境主题要素特征
Ⅰ	0～15	146	56	地形较平缓，无冲沟切割或切割较弱；地基承载力高；无地质灾害威胁或局部有小规模土溜；为优良建筑区
Ⅱ	15.01～25	66	25	主要分布于台状低山和缓坡处，地形相对较缓，冲沟切割较弱；地基强度中等至较高；斜坡稳定性较好，局部小规模土溜及滑坡；损失费用较低，土地工程能力中等至较高为适宜建筑区
Ⅲ	25.01～35	29	11	主要分布于较为稳定的古滑坡堆积体和陡崖下的泥质高陡边坡，地形相对较陡，有部分缓坡，冲沟切割较强；斜坡稳定性中等至较差；损失费用较高，土地工程能力较低；为较差建筑区
Ⅳ	＞35.01	21	8	主要分布于砂岩陡崖和临江陡坡及滑坡复活变形体处，地形上为陡崖和陡坎及部分中坡；一般为崩塌滑坡或塌岸等地质灾害发育地段；损失费用大，土地工程能力低，为极差建筑区

三、万县市地质环境合理开发利用的对策与建议

万县市地处四川盆地东部，为万县地区政治、经济、文化交流的中心，是川东第二大港，素有川东门户之称。根据库区淹没迁建城市新总体规划，未来万县市将发展成为拥有人口规模 50 万，兼有旅游服务，以发展盐气化工业为主、具有江城和山城特色的开放型、多功能、综合性的现代化城市。尽管这里有着优异的自然与地理条件，但在新城址区内存在着较严重的潜在地质灾害，城区内存在的滑坡及库岸再造等问题，将会严重影响着城市建设的发展，并成为制约土地资源合理开发利用与投资的重要因素。为保证最大程度的降低潜在地质灾害的风险，合理的开发利用地质环境(城市土地资源)，实现社会经济、生态环境与地质环境间的协调统一，在地质环境损益评价基础上，从以下几个方面提出一些对策与建议，以供决策部门参考。

1. 城市建设用地的合理开发与利用

实际操作时，R 值可作为开发费用比作为规划、设计及决策部门，结合专业要求，城市运行效益等，在取得最小土地资源投入的前提下，进行土地开发利用的最优选择。根据评价结果，对万县市新城址城市建设用地的选择有：

(1) $0<R\leqslant 15\%$ 为优良区，土地开发费用低，土地工程能力高，工程建筑适宜性强，作为第一序列，优先开发利用。

(2) $15\%<R\leqslant 25\%$ 为适宜区，开发费用一般，土地工程能力中等，建筑适宜性较强，可作为第二序列，协调开发利用。

(3) $25\%<R\leqslant 35\%$ 为较差区，具较高开发费用，土地工程能力较低，建筑适宜性较差，

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

可作为第三序列，部分可协调开发。

(4) $R>35\%$ 为极差区，土地开发费用高，风险程度高，土地工程能力低，建筑适宜性差，应控制开发利用。

2. 地质灾害的控制

万县市地质灾害的灾种主要有两类，滑坡(崩塌)体与库岸再造是影响城市建设与发展的主要制约因素，主要分布于极差区内。对于灾害的控制应从硬件(工程)与软件(管理)两方面考虑，为此应采取的对策与措施有：

(1) 对有灾害存在的区($R>35\%$区)，应作为严格控制区，在控制区内进行土地利用及兴建各类工程设施时，均须经城市主管部门特别审批，凡申请在控制区开发者，须持有政府注册的甲级勘察单位的鉴定，并对拟用场地进行可行性技术论证，提出认为可行的报告后，才能向政府主管部门申请批准。

(2) 对有灾害存在的区($R>35\%$区)内进行土地利用或兴建各类工程设施，应严格坚持先治理后使用的方针，以最大程度的消除地质灾害的风险。

(3) 坚持限制性利用的原则，合理的开发和利用城区内灾害性土地资源。对万县市规划城区内存在的滑坡体($25\%<R\leqslant 35\%$区内)作为土地利用时，必须要进行合理的规划，附加严格的控制条件，对斜坡区在坚持采取必要的工程处理措施的前提下，土地利用应遵循下列原则：

①根据工程地质勘查结论，利用区间应严格控制在崩滑体分区图上的碎块石区，泥土质区宜开辟为绿化园地。②不宜兴建高层建筑，楼层宜控制在低层以下($\leqslant 7$ 层)。③立足于自然排水系统，合理布局排洪设施，防止崩滑体内部滞水下渗。

(4) 借鉴国外的一些经验，将城市规划区内存在潜在地质灾害的风险区划为国家、地方的法律托管区，建立土地管理条例，凡在托管区内的土地开发与利用都须经过法律程序，不允许不考虑风险而自行其是，这是一种行之有效的办法。

(5) 灾害的风险管理。合理的管理措施，也是实现土地利用的有效途径，借鉴国外的经验，实现有效风险管理有两种途径：一是土地税的形式，即可将风险按受灾面积分配到灾害影响区内各土地单元，在高风险土地单元向土地开发与投资者征收高土地税，达到控制开发、缓减灾害的目的，即增强约束机制，控制风险区内的土地开发利用。另一种形式是采用社会保险办法，由国家或保险公司建立灾害保险基金，一旦灾害发生，则由保险部门负责支付灾害损失费用，这实际上是一种将风险分散的办法。上述两种灾害风险管理，应该说是较为符合市场经济发展需要的。

3. 工程建筑控制

地质环境质量损益评价图，综合反映了万县市规划区场地的质量等级，应作为进行各类工程建筑控制的依据。一般来说，各类建筑应尽可能选择 R 值小区的场地，并应考虑投资多少或荷重大小从高层到低层，从重到轻的原则优先选择用地，如在开发费用低的好区($0<R\leqslant 15\%$)内，应优先开发，并保持高的土地容积率，即优先供高层建筑使用。

需要说明的是，本次评价范围为三峡水利工程 175 m 方案淹没线以上的新址规划区。对淹没线以下的建成区，因移民迁建安置时间跨度较长，地质灾害严重，也应有所考虑。一般原则是：淹没线以下的建成区不再进行工程建设，对灾害危害性小的滑坡(崩滑体)一般不宜再进行工程防治，但对危害性较大、严重危害人民生命财产安全的滑坡变形体，则要进行必要

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

的工程防治；同时，对受灾建筑物（群）按所受危害性大小分期分批进行迁建。

第四节　库区迁建城镇新址地质环境质量综合经济评价

一、库区迁建城镇新址地质环境质量综合比较的定量评价

（一）综合比较经济评价概述

有别于典型城市地质环境质量的经济评价，综合比较经济评价是以城市整体作为评价对象（或单元），从宏观、多维和综合的角度对迁建城市新址地质环境总体质量水平的优劣差异所做的评价研究。其评价的基本出发点是：将“地质环境—社会经济—生态环境”视为一系统，研究组成地质环境的要素及总体同人类工程经济活动、社会经济发展和生态环境间的适宜程度（即质量水平）与协调关系，在总体上对城市质量进行量化比较研究。研究的目的则在于为库区城镇迁建宏观决策提供参考依据。

（二）综合评价指标体系的建立

1. 评价指标体系建立的理论依据[21]

按环境学的定义，所谓环境质量一般是指：“在一个具体的环境内，环境的总体或环境的某些要素，对人类的生存和繁衍以及社会经济发展的适宜程度。”对地质环境而言，环境质量就是指构成地质环境的各要素对人类的生存和发展的适宜程度。城市地质环境是支撑城市社会经济发展与人类生存的基本而又重要的物质基础，这种支撑则主要体现于组成地质环境的各要素为城市人类生存与社会经济发展提供优劣条件。城市地质环境质量与城市人类生存及社会经济发展的适宜性体现在正、反两方面，正的方面是指组成地质环境的各要素为城市社会经济发展所提供的优异条件，包括有：可供城市工程建设利用的优质环境地质体，可供城市社会经济发展的矿产资源、水资源、建材资源、地质景观资源以及资源的种类、数量、质量等。反的方面是指地质环境要素对城市社会经济发展带来的制约作用，主要有：劣质环境地质体对工程建设活动的制约，地质灾害对城市发展的风险性制约，环境污染（水、气、废物）对城市发展的制约等。但需要说明的是，人类并不是被动的适应环境、保护环境、控制污染和合理的开发利用资源则属于人类改善环境质量的范畴，因此，从这个意义上讲，环境质量又是有人类与环境相互协调程度的含义，这种协调程度则主要体现在城市的综合实力在改造与保护环境方面的能力。城市地质环境的总体质量由组成地质环境各要素质量所决定，因此，对城市地质环境质量总体的综合经济评价，就应从组成环境的要素入手，从正、反两方面评价环境要素对社会经济发展的促进与制约作用以及地质环境与城市发展的协调程度，来全面衡量地质环境的优劣。

2. 评价指标体系的建立与指标值的确定[22]

1）指标体系的确定及其含义

依据上述分析，针对三峡库区迁建城镇地质环境要素及其特征，我们建立了研究区范围的城市地质环境质量经济评价的指标体系（表 6-10）。

（1）城市地质环境地质要素指标组：主要用以衡量城市固有地质要素（环境地质体、水文地质条件、岩土体特征、地质灾害等）的质量与人类工程经济活动间的适宜性，是城市环境质量重要的基础性条件。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 6-10　城市地质环境综合评价指标体系表

	指　标　组	具　体　指　标
城市地质环境质量综合经济评价	城市地质环境地质要素指标	环境地质体优劣度 城市地质环境的综合灾度 水资源污染程度
	城市地质环境资源要素指标	土地资源优势度 矿产资源优势度 水资源优势度 旅游资源优势度 (可概括为资源综合优势度)
	城市地质环境与社会经济发展的协调性指标	地质环境的经济损益度 地质环境经济容量饱和度 城市承灾力相对实力

(2) 城市地质环境资源要素指标组：主要用来衡量作为地质环境组成要素的地质资源(土地资源、矿产资源、水资源、建材资源、地质景观资源等)为城市社会经济发展所提供的支撑与保障程度，资源评价是从正的方面对环境质量所做的评价。

(3) 城市地质环境与社会经济发展的协调性指标组：主要用以衡量地质环境组成要素与城市人类生存与繁衍的协调性以及城市的综合实力(经济实力、科技实力、人力资源等)抵御与改造地质环境的能力，即合理利用环境与防治灾害的能力。协调性指标主要体现的是地质环境－社会经济环境间的协调程度，是地质环境质量经济价值的综合体现。

2) 指标值的确定

上述各项指标均可进行量化而确定它们的数值。这些指标值的大小相对表征了各环境要素的质量优劣。

(1) 环境地质体质量优劣度：

$$X_{11} = \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot S_i \qquad (\sum W_i = 1)$$

式中　W_i——权重系数(取值 0.6,0.3,0.1)；

S_i——不同环境地质体面积(ha)。

(2) 城市地质环境的综合灾度：

$$X_{12} = \frac{UV - \sum_{j=1}^{m} C_{ij}}{UV - U} \qquad (n = 1,2,3,\cdots,9)$$

式中　U——城市地质灾害种类数；

V——对比城市个数；

$\sum C_{ij}$——i 城市 j 种灾害严重程度占库区(比较城市)名次之和。

(3) 水资源的污染程度：

$$X_{13} = \sum_{i=1}^{n} Q_i' / \sum_{i=1}^{n} Q_i \qquad (n = 1,2,3,\cdots,9)$$

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

式中 Q_i'——第 i 个城市已查明的废污水排放量(10^4t/a)；

Q_i——第 i 个城市已探明的水资源可开采量(10^4t/a)

(4) 资源综合优势度：

$$X_{21}=\frac{mn-\sum_{j=1}^{m}d_{ij}}{mn-m}$$

式中 m——资源的种类；

n——对比城市个数；

$\sum d_{ij}$——i 城市 j 种资源占库区(比较城市)名次之和。

在三峡工程库区，对资源综合优势度有贡献的资源主要是土地资源、矿产资源、水资源和旅游资源四大类。但在实际综合对比计算时只取资源综合优势度，单项资源优势度指标仅参与排名次计算。

①土地资源优势度：

$$X_T=\frac{T_i}{\sum T_i}\qquad(i=1,2,3,\cdots,9)$$

式中 T_i——第 i 个城市用地发展面积(ha)；

$\sum T_i$——库区比较城市用地发展面积(ha)

②矿产资源优势度：

$$X_K=\frac{K_i}{\sum K_i}\qquad(i=1,2,3,\cdots,9)$$

式中 K_i——第 i 个城市辖区内矿产资源总量价值(万元)；

$\sum K_i$——库区矿产资源总量价值(万元)

③水资源优势度：

$$X_Z=\frac{Z_{1i}+Z_{2i}}{\sum(Z_{1i}+Z_{2i})}\qquad(i=1,2,3,\cdots,9)$$

式中 Z_{1i}—— 第 i 个城市地表水资源量(10^4m^3/a)；

Z_{2i}——第 i 个城市地下水资源量(10^4m^3/a)；

$(Z_{1i}+Z_{2i})$——库区水资源总量(10^4m^3/a)

④旅游资源优势度：

$$X_L=\frac{L_i}{\sum L_i}\qquad(i=1,2,3,\cdots,9)$$

式中 L_i——第 i 个城市辖区内旅游点收入(万元/年)；

$\sum L_i$——库区旅游点收入总和(万元/年)

(5) 地质环境的经济损益度：

$$X_{31}=\frac{\sum Q_i}{Z}$$

式中 Q_i——各种灾害的损失费用之和(万元/年)(i 代表灾害种类)；

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Z——社会经济总产值(万元/年)。

(6) 城市承灾力的相对实力：

$$X_{32} = \sqrt{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4}$$

式中 A_1——人均资金指数；

A_2——人均资产存量指数；

A_3——智力资源指数；

A_4——劳动力指数。

(三) 定量评价方法概述[23]

在确定评价指标和获取各迁建城市评价指标的基础上，采用灰色聚类的评估方法，实现对各迁建城市地质环境质量综合比较的定量经济评价。按照灰色聚类评估方法，评价实施步骤如下：

记：各迁建城市为聚类对象 $i(i=1,2,3,\cdots,9)$

评价聚类指标为聚类指标 $j(j=1,2,3,\cdots,6)$

评价类别[好(Ⅰ),中(Ⅱ),差(Ⅲ)]为聚类灰数 $K(K=Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ)$。设 d_{ij}表示第 i 类聚类对象对 j 类指标的实测样本值，$i\in(1,2,3,\cdots,9)$，$j\in(1,2,3,\cdots,6)$；对于灰色聚类可按如下步骤进行：

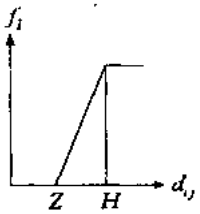
(1) 按指标值计算公式，计算每一指标值，构造样本矩阵。

(2) 对样本矩阵进行等测度变换(等极性，等权变换)。

(3) 确定各类别的界线，参考样本分布数据的平均值与标准差来确定。

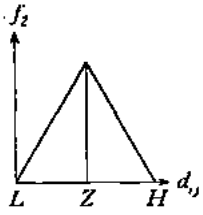
(4) 建立各类别的白化权函数，并写出判别权系数的计算公式，其一般表示形式为：

①高类型



$$f_1 = \begin{cases} 1 & d_{ij} \geqslant H \\ \dfrac{d_{ij} - Z}{H - Z} & Z < d_{ij} < H \\ 0 & d_{ij} \geqslant Z \end{cases}$$

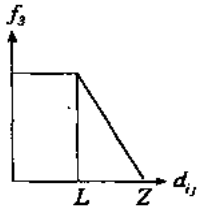
②中类型



$$f_2 = \begin{cases} 0 & d_{ij} \geqslant H \\ \dfrac{H - d_{ij}}{H - Z} & Z < d_{ij} < H \\ \dfrac{d_{ij} - L}{Z - L} & L < d_{ij} < Z \\ 0 & d_{ij} \geqslant Z \end{cases}$$

③低类型

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn



$$f_3=\begin{cases}1 & d_{ij}\geqslant L\\ \dfrac{d_{ij}-Z}{H-Z} & L<d_{ij}<Z\\ 0 & d_{ij}\geqslant Z\end{cases}$$

上式中高类下限为 H，中类下限为 Z，低类下限为 L。

(5) 赋予各指标权重，各指标的权重由其对环境质量的相对重要性来决定。本次评价计算，各指标权重的大小见表 6-11。

(6) 计算综合权系数矩阵。

(7) 判断各样点所属灰类，即按 $\delta_{ik}=\max[\delta_{ik}],i\in k$(挑选最大值判断聚类对象所属灰类)，并画出三角坐标图进行结果分析。

表 6-11 评价指标权重系数表

指标	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{21}	X_{31}	X_{32}
权重系数	0.25	0.25	0.1	0.15	0.15	0.1

(四) 沿江主要迁建城市地质环境质量综合比较的经济评价①~④

根据上述灰色聚类评估的计算方法与步骤，以表 6-12 中所列数据为基础建立样本矩阵，经计算评价出三峡库区沿江九城市地质环境质量等级表 6-13。利用表 6-13 中不同城市地质环境质量指标的综合权系数向量画出三角坐标图(图 6-9)。

表 6-12 评价指标值原始数据(样本矩阵)表

指标 / 城镇名称	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{21}	X_{31}	X_{32}
秭 归	0.4739	0.0417	0.0763	0.4375	0.2334	0.6355
巴 东	0.5100	0.6250	0.0763	0.6875	0.0179	0.6778
巫 山	0.3190	0.7083	0.0954	0.5625	0.0615	0.7309
奉 节	0.3750	0.8333	0.0954	0.6875	0.0244	0.8227
云 阳	0.4086	0.2500	0.1336	0.4063	0.0257	0.6854
万县市	0.3605	0.7083	0.1870	0.5625	0.0947	1.3748
忠 县	0.3800	0.2500	0.1145	0.2813	0.0804	0.9017
丰 都	0.4417	0.4167	0.1489	0.3750	0.1177	0.7869
涪 陵	0.3629	0.6667	0.1489	0.5000	0.0108	1.2523

① 万县地区统计局，万县地区 500 年灾害统计，1990。
② 涪陵市统计局，涪陵统计年鉴，1994。
③ 巴东县统计局，巴东统计年鉴，1994。
④ 秭归县统计局，秭归统计年鉴，1994。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 6-13　评价指标的综合权系数矩阵表

样点号	城镇名称	高	中	低	质量等级
1	秭　归	0.5	0.078	0.412	Ⅰ
2	巴　东	0.6	0.3581	0.0419	Ⅱ
3	巫　山	0.148	0.2229	0.635	Ⅲ
4	奉　节	0.3278	0.3679	0.3103	Ⅱ
5	云　阳	0.3812	0.3752	0.2436	Ⅰ
6	万县市	0.3216	0.1977	0.4808	Ⅲ
7	忠　县	0.2675	0.4028	0.3297	Ⅱ
8	丰　都	0.139	0.3625	0.4984	Ⅱ
9	涪　陵	0.35	0.2438	0.4063	Ⅲ

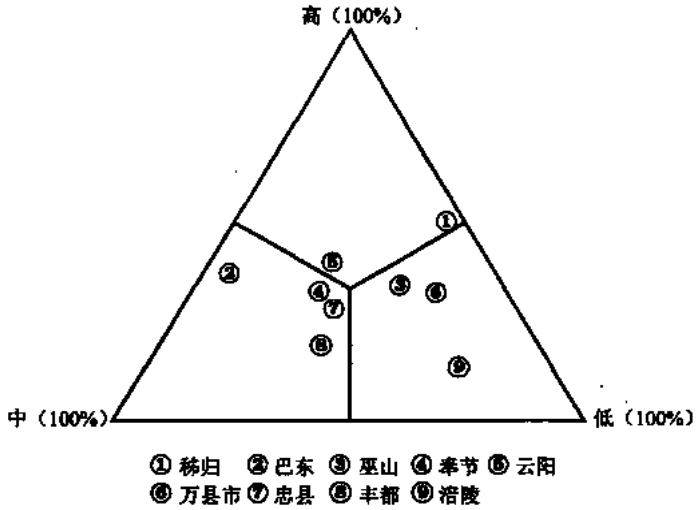


图 6-9　三峡库区沿江九城市环境质量评价综合权系数三角坐标图

二、库区迁建城镇地质环境合理开发与保护

城市迁建是实现移民安置的关键问题，三峡库区属中低山区，地质条件复杂，地质环境相对脆弱，地质灾害的灾种类型多、危害性大；土地资源有限。因此，合理开发与保护地质环境将是新城建设中的重要问题之一。我们通过综合比较评价，对库区沿江迁建城镇目前存在及未来可能发生的主要环境地质问题进行了对比分析，对在库区移民城镇迁建工作中合理开发与保护地质环境提出了几点对策与建议。

（一）结果分析

根据灰色聚类评估的结果，将沿江 9 城划分为三个等级类型，其环境质量好的有：秭归、巴东、云阳，环境质量居中的有奉节、忠县，环境质量差的有巫山、万县、丰都、涪陵(表 6-14)。灰色评估的结果体现的是城市地质环境的综合水平，质量的不同等级反映的是环境组成

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

要素与人类工程经济活动与社会经济、生态环境(生态环境指标较弱)间的适宜程度。因此，从宏观上看，在九城市对比中，巫山、涪陵、万县、丰都质量等级差的城市更应加强自身环境的改善与保护，以适应未来城市建设与发展的需要。

表 6-14　库区迁建城市地质环境质量综合比较表

城市名称	等级	有利地质环境因素	不利地质环境因素	备　注
秭归	Ⅰ	环境地质体质量高，综合灾度低，水污染程度低	城市承灾实力较弱，地质环境质量损益度*较高，资源优势度偏低	
巴东	Ⅰ	环境地质体质量高，资源优势度高，地质环境损益度低，水资源污染程度低	城市承灾能力较弱	综合灾度居中
巫山	Ⅱ	地质资源优势度较高，水资源污染程度相对较低	环境地质体质量差，城市综合灾度高，城市承灾力相对较弱	地质环境损益度居中
奉节	Ⅰ	资源优势相对较高，水资源污染相对低，环境地质体质量较好，城市承灾力较高	城市地质综合灾度高	
云阳	Ⅰ	环境地质体质量较好，城市综合灾度低，地质环境质量损益度低，资源优势较高	水污染程度高，城市承灾力较低	
万县市	Ⅱ	城市承灾力高	环境地质体质量相对较差，城市综合灾度高，地质环境损益度高，水资源污染程度严重	资源综合优势度居中
忠县	Ⅰ	城市综合灾度低，城市承灾力相对较高，水污染程度较低，地质环境质量损益度较低	资源综合优势较低	环境地质体质量居中
丰都	Ⅰ	环境地质体质量较高，城市综合灾度低	地质环境损益度高，资源综合优势较低，水资源污染度高	城市承灾力居中
涪陵	Ⅱ	城市承灾实力高	环境地质体质量较低，城市综合灾度相对较高，地质环境质量损益度高，水资源污染度高	资源优势度居中

* 损益度是反映地质灾害对社会经济的打击程度，本次研究损益度是城市整个辖区的灾害引起的损益度，故该指标实质反映的是地质环境同社会经济发展的协调关系。

(二) 评价因子的综合比较分析(结构分析)

通过分析比较表 6-11 归纳整理出了 9 城市地质环境质量组成要素的有利与不利环境因素(表 6-14)，也表明了各城市所在地环境质量的主要影响因素。因此，各城市要根据各自的特

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

点，在城市建设与发展中，趋利避害，扬长避短，充分利用有利的环境因素，避免环境的进一步恶化，同时变不利为有利。举例来说，如在质量差的涪陵、万县，应充分发挥资源的优势(矿产、土地、旅游)以及城市承灾力高的优势，同时加强环境地质体的合理开发利用及水污染与灾害的防治，以便最大程度的实现地质环境--社会经济环境---生态环境的协调与统一。

(三) 城市地质灾害防治的对策与建议(因子分析)

(1) 由表 6-14 可知，各城市都不同程度地存在着地质灾害。影响综合灾度的主要灾种包括滑坡、泥石流、库岸再造、崩塌等，表现比较严重的有万县、巫山、涪陵、奉节。灾害是影响城市建设与发展的重要因素，也直接关系到人民生命财产的安全，因此各级政府都要充分认识到灾害防治的重要性，这是社会经济发展和人民生命财产安全不可缺少的要求与保证，在城市的建设中要贯彻“以防为主，以治为辅”的方针，合理地规划人类工程的经济活动，建立健全法规与政策，以求得城市建设活动的和谐发展。

(2) 被评价的九城市普遍存在着水质污染的问题，特别是涪陵、丰都、万县市三城市的水质污染比较严重。因此，合理开发利用地表水和地下水资源，减少城市生活污水和工业废水的排放量，保持良好的生态环境，防止水质污染是城市建设中应重视的重要问题。

(3) 库区各城市承灾实力相对较低，反映出库区经济发展落后、人才缺乏与劳动力资源素质不高，物质基础薄弱，即各城市综合实力较低。因此，各城市应在今后的发展建设中，借三峡工程建设契机，乘改革开放的东风，吸引人才，发展生产，努力提高经济水平与实力，极大程度地增强环境的适应性。

(4) 库区各城市辖区外围环境地质条件较差，地质灾害对社会经济的打击程度较大(或影响程度较高)。因此各城市也须加强辖区外范围地带地质灾害的防治与保护，改善外围环境条件，最大程度地降低灾害的损失，以使整个库区的社会经济持续稳定地发展。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第七章　三峡库区矿山开采工程地质环境质量损益经济评价

第一节　矿山开采工程评价研究的环境背景

一、库区矿产资源特征及开发利用现状

长江三峡工程库区位于新华夏第三隆起和第三沉降带上，沉积岩分布广泛，占地层出露面积的95%。矿产资源以沉积型为主，目前区内已发现矿产42种以上，矿产地有378处，其中大型矿床16处，中型矿床29处，小型矿床61处，矿点272处。储量较为丰富的属于优势的资源有水泥用石灰岩、熔剂用石灰岩、熔剂用白云岩、煤、磷、硫铁矿、化肥用蛇纹岩、橄榄岩、硅石、铁、锰、铝等矿产，其中水泥用石灰岩、熔剂用石灰岩、溶剂用白云岩、岩盐、硅石的矿石质量较好。本区矿产尤其是非金属矿产，矿种多、分布广、产地多、蕴藏量丰富，开采条件好，潜力大，具有良好的开发利用前景。

库区大多数矿产已得到开发利用，开发利用程度较高的是煤、化工矿产和非金属建材矿产，小型矿床或矿点则由乡镇企业和私人开发。据统计，1985年万县地区采煤387万t，涪陵地区223万t，重庆地区1450万t。石灰石资源开发目前主要用于水泥生产，据不完全统计，宜昌地区石灰石资源达1.0亿t，万县地区保有储量2.47亿t，涪陵地区达4.5亿t，重庆地区0.57亿t。1985年涪陵地区生产水泥65万t，重庆45.5万t，以上4个地区产值近2.0亿元。随着三峡工程的新建，根据规划到2000年万县地区年产水泥量100～120万t，宜昌地区400万t，涪陵地区400万t，是现有产量的2～3倍以上。铁矿资源开采时间较长，特别是重庆，已有百年开采历史，据不完全统计，到1985年重庆地区已开采铁矿石3500万t，占保有储量的25.3%，涪陵地区预测储量8230万t，1985年生产生铁0.81万t；万县地区远景储量达1.8亿t以上，1976～1981年平均年产生铁0.72万t；重庆地区已探明储量6.38亿t。磷矿资源主要分布于兴山—神农架地区，目前开发矿山主要集中于宜昌地区。根据规划近期磷矿产量应达700万～800万t。

二、库区矿产资源开发的主要环境地质问题

库区矿产资源的开发利用，一方面取得了巨大的经济效益，促进了当地社会经济的发展；另一方面，由于管理混乱，环境保护意识薄弱，盲目开采，也相应地产生了一系列的环境地质问题。

库区矿山开采的主要环境地质问题有，岩体边坡失稳，矿坑突水，瓦斯爆炸和采选冶过程的环境污染。如硐采和露天开采，对岩体和边坡的应力平衡均产生影响，由此而产生的崩滑体、地面开裂和岩体蠕变现象经常出现，如秭归链子崖危体，山体开裂缝的展布范围和地

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

下采空区相吻合。盐池河磷矿层开采，掏空山体支撑而产生滑塌，造成数百人死亡和矿区全部摧毁。奉节农田3号煤窑和重庆江北某煤窑均因煤层被采空，地表发生开裂、坍塌，导致房屋建筑地基不断变形，房屋倒塌、破坏。库区二叠系和三叠系煤层均处于富水层或附近，当采煤平硐穿过上述含水层时，突水现象普遍，危害极大，如江北某煤矿于1966年掘进坑道发生岩溶突水，水量达9万m^3/h，将坑内机具设备和坑外设施全部冲毁，突水后地表大面积塌陷，达5km^2，造成泉水干枯，水位下降。瓦斯爆炸也是煤矿开采中的重要地质灾害，1987年8月奉节大树乡某煤矿发生瓦斯爆炸事故，死亡30余人。巴东县枣子煤矿1989年一次瓦斯爆炸死亡16人。同时区内采矿和冶炼过程中的“三废”，对环境的污染和破坏特别突出，废气的污染使得沿江大部分县市的降水pH值<7，其中重庆、长寿、涪陵等地降雨pH值<4.5。奉节硫磺矿，大量SO_2排入大气，周围数十公里范围寸草不生，9万亩松树全部死亡，还导致水土流失和大量滑坡发生；采矿的废渣数量极大，再加上乱堆乱放，造成水库、河流、渠塘被淤。1987年7月10日，还形成矿渣泥石流，造成直接经济损失200余万元。另外矿渣堆放过程中，经雨水的浸泡，渗漏淋滤，大量的重金属离子被交换扩散而进入水土中，使水土被严重污染。因此，如何在矿产资源充分开发利用的同时，加强对地质环境的保护和管理，是一个需要迫切解决的问题。

第二节　矿山开采工程地质环境质量损益经济评价指标体系与模型的建立

一、矿山开采工程地质环境质量损益经济评价指标体系

所谓环境质量都是相对于特定的主体而言的，同一环境单元对于不同的主体它的质量显然是不同的，一般地都是相对于人这个主体，即人类的社会经济活动。因此，地质环境质量就是从地质环境对人类社会经济活动的适宜性这个方面来衡量的，这种适宜性有积极的促进作用，如为人类的经济活动提供充足的资源，良好的工程建设条件等，同时也有消极的反作用，如严重的地质灾害、环境污染等。要进行矿山开采工程地质环境质量损益的经济评价，首先必须解决地质环境质量的经济评价问题，确定其经济评价指标体系。对地质环境质量的经济评价就是利用价值形式来具体反映一定区域地质环境对人类社会经济发展的经济适宜性，具体地要从以下几个方面来分析：

(1) 地质环境资源的丰富程度。这种环境资源不仅包括土地资源、矿产资源、水资源等这些实实在在的资源，还包括这些资源之间以及每一类资源内部的协调程度，如土地资源、水资源、矿产资源之间在空间分布、质量、数量等的协调程度，以及矿产资源中黑色金属、有色金属、非金属等等在数量、质量、品种、配套程度上的协调关系。

(2) 地质体对工程建设的适宜程度。如地形地貌条件、岩体力学条件、工程地质条件、水文地质条件等对各类工程建设的适宜性。

(3) 地质灾害发育程度。包括各种滑坡、泥石流、地震等地质灾害的数量、发生频率、分布及强度等。

(4) 地质环境污染程度。即一定的地质环境区域内，人类的社会经济活动对地质环境的

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

污染程度。

(5) 环境容量饱和程度。即一定环境区域内的各种社会经济活动对环境容量的饱和程度以及环境容量潜力的大小。

(6) 社会经济发展程度。一定的地质环境区域内社会经济发展程度的高低直接影响着该区域地质环境质量的高低，一个交通、邮电、通讯等基础设施条件好，经济发展程度高的地区，其对人类开发活动的适宜性远远大于那些经济落后的地区。

矿山开采工程是人类社会经济活动的一种形式，这种工程活动与地质环境之间存在着复杂的能量转换关系，一方面它消耗了地质环境资源(矿产、水、土地等)，占用了地质体以及消耗了社会经济实力，甚至对环境造成污染，诱发地质灾害的发生，但同时它又为地质环境带来效益，促进当地社会经济的发展，增强了经济实力，增强了环境保护和治理能力，因此，矿山开采工程的运行过程实际上就是不断地改变地质环境各要素的构成、数量和质量的过程，评价矿山开采工程对地质环境质量的损益，正是通过研究这项工程活动对地质环境的贡献和消耗，从而确定是损大于益还是益大于损，以达到评价的目的。

矿山开采工程不同于其他工程建设项目，矿山开采具有地点的确定性(不可选择性)，只能在具体的矿产地实现对该处地质环境的合理利用和保护，因此，立足于矿产资源的特点和矿产资源的地质环境质量现状，研究地质环境对矿山开采活动的适宜性和矿山开采活动对地质环境的正负影响，可建立如表 7-1 的评价指标及指标体系。

二、评价方法与指标值的确定

地质环境影响因素经济指标是环境质量损益经济分析的基础，如何建立地质环境影响因素经济指标的计算模型对正确地进行地质环境影响因素经济指标的计算是很重要的。地质环境影响因素经济指标包括总的影响因素，如环境资源消耗费用的计算和分项影响因素的计算，如矿产资源消耗费用、土地资源消耗费用、水资源消耗费用等，而每一项具体指标下面又有更细一类的指标，前者是后者的总和，反映矿山建设项目地质环境影响各因素的费用(或效益)的总和，具体计算如下：

$$R = \sum_{i=1}^{n} X_i$$

式中 R——某指标总经济值；

X_i——该指标各经济分项值；

n——经济指标数。

在经济指标的计算过程中，有些指标是比较容易确定的，有些指标的计算比较复杂，涉及到合理计算范围，计算标准和计算方法的选择。具体地计算评估方法有：

(1) 直接市场法。即以市场价格或影子价格作为计算依据，包括市场价值法、生产率法、人力资本法，收入损失法和防护费用法等；

(2) 替代性市场法。即用某些商品和劳务价格来间接衡量各因素经济效果的方法，包括后果阻止法、资产价值法、旅行费用法和工资差额法等；

(3) 支付意愿法。即通过对消费者的直接调查，来了解他们的支付意愿或受偿意愿以达到计算评估的目的。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 7-1　矿山开采工程地质环境质量损益经济评价指标体系

大　类	指　标　组	具　体　指　标
地质环境影响因素经济指标	地质环境资源消耗费用	矿产资源消耗费用； 土地资源消耗费用； 水资源消耗费用； 旅游资源消耗费用； 森林资源消耗费用； 其他资源消耗费用
	地质环境灾害损失费用	滑坡灾害损失费用； 崩塌陷落灾害损失费用； 瓦斯爆炸灾害损失费用； 突水涌水灾害损失费用； 泥石流灾害损失费用； 水土流失灾害损失费用； 其他灾害损失费用
	地质环境污染损失费用	大气污染损失费用； 水污染损失费用； 土壤污染损失费用； 噪声污染损失费用
	矿山建设投资费用	采矿投资费用； 选矿投资费用； 环保及灾害防治投资费用； 其他投资费用
	矿山生产运行费用	直接经营费用； 间接经营费用； 其他费用
	矿山生产经济效益	微观经济效益； 宏观经济效益
	矿山生产社会效益	区域社会经济效益； 项目防灾减灾经济效益； 项目三废回收利用效益； 区域社会影响效果； 区域开发效果； 其他社会效益
	矿山生产移民安置效益	直接安置效益； 间接安置效益
地质环境质量损益经济指标	矿山开采工程地质环境质量综合经济损益度：$\dfrac{\text{地质环境资源消耗费用}+\text{地质环境灾害损失费用}+\text{地质环境污染损失费用}}{\text{矿山生产经济效益}+\text{矿山生产移民安置效益}+\text{矿山生产社会效益}}$ 矿山开采工程投资经济损益度：$\dfrac{\text{地质环境资源消耗费用}+\text{地质环境灾害损失费用}+\text{地质环境污染损失费用}+\text{矿山建设投资费用}+\text{矿山生产运行费用}}{\text{矿山生产经济效益}+\text{矿山生产移民安置效益}+\text{矿山生产社会效益}}$ 矿山开采工程降损方案经济损益度：$\dfrac{\text{项目降损方案投资费用}+\text{项目降损方案运行费用}}{\text{降损方案减少污染效益}+\text{降损方案减灾效益}+\text{三废回收利用效益}+\text{降损方案其他效益}}$	

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、综合评价模型的建立

在以上各指标的分析计算基础上，结合最基本的费用效益分析方法，考虑货币的时间价值，建立综合评价模型，对矿山开采工程整个寿命期的建设、生产过程中对地质环境质量的影响进行全面综合的分析和评价（具体评价模型见第二章第三节）。

在利用综合评价模型进行分析评价过程中根据矿山开采工程在基建期、生产期和结束期对地质环境影响程度的差异性，把时间因素引入评价过程，在矿山开采过程中地质环境影响总的分析评价基础上研究矿山开采活动各阶段的地质环境影响情况，作出矿山开采活动对地质环境的影响曲线，并分别提出不同阶段的增效降损对策。

第三节　巫山桃花铁矿开采工程地质环境质量损益经济评价[24]

一、矿山建设与地质环境的相互关系

（一）地质环境对工程建设的适宜性

桃花铁矿位于巫山县境内，该区无论从地质环境本身还是从社会经济条件来说，对矿产资源的开发利用提供了优异的条件。

区域地质方面：本区大地构造位于四川台地东部边缘与紧邻川湘凹陷的过渡带上，区域内基本无大断裂，褶皱较发育，稳定性较好。

地形地貌方面：矿区地形陡峻，属强烈侵蚀之中高山地形，矿区西北及南部，由于受抱龙河的强烈切割，阳新灰岩与黄龙灰岩形成陡峭的悬崖，矿区北部中段以大冶灰岩为主的地层形成了山背形丘、馒头状及条带状山丘地形，这种地形特征对工程有利。一则本工程地表无需大面积平坦场地，而且可利用地形高差使生产工艺流程和生产、生活用水实现梯级自然输送；二则从开采工程看，地形陡峻可以大大缩短巷道掘进长度，实现自然通风和排水。

工程地质方面：该项目规划无高层建筑（最高为 3 层办公楼）场地内工程地质条件稳定，无地震（地震烈度为Ⅵ度），无涌水，无不良地质现象；其地基承载力按$[R]=1.96\times10^5 N/m^2$，采矿工程矿石稳固系数 $f=6\sim8$，上盘岩石稳固系数 $f=7.44$，完全满足设计采矿方法需要。

水文地质方面：矿区水文地质条件简单，矿坑的正常涌水量较小，雨季短期增长，经对矿坑涌水量进行预测，该矿坑的实际正常涌水量为 476.39 m^3/d，由于地下开采及采空区上方岩层崩落，引起地表发生错动，开裂和塌陷，从而产生了大气降雨渗入坑道，可预测雨季渗透涌水量为 660.71 m^3/d，故该矿坑雨季最大涌水量为 1137.1 m^3/d。

社会经济方面：桃花铁矿位于县域河梁区境内，距巫山县城 87km，距长江南岸碚石镇码头约 30km。矿区至巫山县城南岸和矿区至碚石镇码头均有公路相通，也可取道湖北省建始县楂树坪接巴恩公路，水路交通方便。该县水力资源丰富，已有水电装机容量共约 13500 kW，三溪坑口 2×6000 kW 火电站正在兴建，水电、火电并网运行后，可满足本项目用电需要，并已获得供电部门同意供电的批复。另外，该区建筑材料丰富，可以提供部分矿山建设材料，同时巫山县是三峡工程涉及的重点移民县之一，矿山开采工程的建设可以解决部分移民就业。

（二）矿山工程建设对地质环境的影响

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿山开采工程对地质环境的影响存在着小环境和大环境的区别。小环境主要指开拓、采准、回采现场，即直接工作场地，包括地下开采的坑道及露天开采的采场平台，这里的污染主要是空气、粉尘以及燥音污染，直接后果就是对工人身体健康的危害和矿山事故的发生；大环境的影响涉及到矿山开采工程所能影响到的一定的区域范围，矿山对外运输线路的影响区域；矿山废液污水、废石及尾矿泥雨水淋滤污水影响到的河流流域；矿山采选冶以及生活废气的大气污染区域以及矿山开采活动对当地社会经济的影响区域。以上这些影响的表现形式是潜在的，其影响产生的后果在一段时间后才会表现出来，具有隐含性。另一种影响就是突发性影响，即表现为各类地质灾害的发生，如矿山采矿区直接引起的地下水疏干，地表塌陷。由于采矿活动破坏了滑坡的稳定性导致滑坡的活动。矿山废石场及尾矿库诱发的泥石流，这些地质灾害虽然不是经常发生，但一旦发生将会造成重大的损失，危机到矿山企业和当地人民的生命财产。

二、指标值的计算及综合分析评价

（一）地质环境资源消耗

矿产资源消耗主要表现为占用国家铁矿资源；基建期就地采用的石料、填料；建设及生产用三材(钢材、木材、水泥)因均包含于基建投资和年生产成本中，故此处不再计算。矿山消耗铁矿资源单价，考虑到国家统计铁矿资源单位勘探成本、地质勘查费用、社会平均利润以及类似矿山(宁乡式铁矿)勘查成本，定为每吨储量 0.07 元，由于矿山开采过程中规划利用储量只有 161.27 万 t，探明储量 3963.88 万 t，采不出部分仍为地质环境资源的矿山消耗，因此，按探明储量计算并分摊到生产期各年。土建工程主要使用自制土砖、机制砖、预制空心砖、石灰、石料、土石填料，根据建筑中各种材料的消耗比重，石料、土石填料取土建工程费用的 10%，作为计算期第一年年初投入。土地资源消耗全部工程占地 61 亩，征地费用 24.43 万元，亦作为计算期第一年年初投入。工程建设中涉及到山坡少量林木消耗，由于已统一折价计入征地费用中，故不再计算。水资源消耗本矿用水量主要为矿坑涌水和 19 号泉，总用水是 770 m^3/d，其中 280 m^3 为新水，由 19 号泉提供，其余为工业废水经净化处理的循环水，则基建期及生产期第一年每年用水按 770 m^3/d，生产期第二年以后每年按 280 m^3/d 计算，水价取 0.1 元/m^3，每年按 360 天计算。

（二）地质环境灾害损失

该铁矿涉及的开挖范围有限，根据巫山县山地灾害普查报告，此矿地段无明显滑坡存在，采矿及开拓中的废石已规划用作建筑材料和铺设路面，生产工艺中选矿过程只有破碎筛分，没有选别作业，其最终产品为细碎矿，故亦无选矿尾矿，因此不存在发生泥石流的隐患。采矿坑道中无易燃气体产生，不会产生瓦斯爆炸。整个矿区地处林木杂草丛生地区，并伴随矿山开采活动，亦有绿化规划，不会出现水土流失。该矿山工程涉及到的地质灾害为崩塌陷落，由于采用房柱法采矿，属空场采矿法的一种，采空区地表崩塌陷落是必然事件，故发生概率为 1。但由于本区人口稀少，属贫困地区，经济落后，采空区地表崩塌陷落面积为 212176 m^2，属于小型地质灾害，根据全国各类灾害统计资料，巫山县山地灾害普查资料及结合当地社会经济状况，此地质灾害直接损失小于 10 万元，考虑到其他间接损失，此处定为 10 万元。矿坑突水涌水方面，根据该矿水文地质调查资料，雨季最大涌水量(按 20 年一遇暴雨计算)为 1137.1 m^3/d，而且已规划作为工业用水的来源，因此，该矿突水涌水灾害不予考虑。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）地质环境污染损失

本项目涉及的环境污染环节有4个：地下采场和掘进工作面，矿石破碎和筛分车间，工业及生活废水废气排放，采矿废石堆。采场及掘进工作面在工作时产生部分粉尘，污染工作环境，对此采用自然通风加工作面局部机械通风进行治理，基本上达到了工作区的环境卫生要求。在选矿破碎、筛分及物料输送过程中产生大量粉尘，严重影响环境卫生，污染环境，对此设计考虑了除尘设施，使排尘点的排放浓度低于国家三废排放标准，达到了环境卫生要求。除尘设施采用麻石除尘器，除尘效率≥90%，排放浓度≤150 mg/m³，选矿厂中矿石只经过破碎筛分，不需添加药剂，排出废水中有害离子浓度在排放浓度许范围之内，不会产生水污染。同时，对于选矿用水经沉淀后循环使用，更减少了对水资源的污染；矿区生活污水主要为粪便污水，对此，经化粪池净化后排出，同时粪便可作为农作物肥料使用，对环境无污染；生活锅炉采用LHS系列双炉排反烧小型锅炉，锅炉排烟尘浓度小于200 mg/m³，符合《锅炉烟尘排放标准（GB3841-83）》；矿区废石运至废石场集中堆放，同时废石规划作为铺路基石，填充洼地之间，锅炉废渣运到低洼处或作铺路之用；在矿区内进行绿化，减少大气中有害物对人体的影响。经对该矿区三废处理的分析，对环境有污染的主要是运矿汽车的排烟及矿粉撒落，废石堆、废渣及用于铺路在长期雨水淋滤过程中部分可溶离子对水土的污染，根据国外调查资料，环境污染约占国民生产总值的0.4%，结合当地具体情况，本项目环境污染损失为每年3.5万元。

（四）矿山建设投资

矿山建设投资797.88万元。其中，采矿投资占约35%，选矿投资占约65%。根据规定，环保防灾投资不得低于总投资的7%，提取7%约为56万元；土建工程占12%，生活及其他占40%。

（五）矿山生产运行费用

正常年份矿山生产运行费用105.03万元，其中环保防灾运行费用约占5%，即36万元。

（六）矿产生产经济效益

本项目正常矿山生产经济效益年利税140.12万元，同时还上交销售税金27.74万元，故正常年份该项目经济效益为167.863万元，以及支付银行贷款利息28.16万元。

（七）矿山建设安置效益

本矿山安置人员316人，由于该地区属于经济贫困县，生产工人工资参照当地煤矿工人工资水平，生产工人平均工资1300元/人·年，则安置效益为41.1万元。

（八）矿山建设社会效益

防、减害效益：采场、破碎筛分车间按工人年需恢复体力及因病休息损失产值计算，生产工人人均产值约为85元/人·天，按人均年10天计算，全年全企业为26.86万元/年；工业废水、废渣、废石污染，损失取年产值的3%，为26.4万元/年；项目回收利用三废效益包括工业废水利用价值(770－280)×360×0.1＝1.77万元/年；利用废石用作建筑材料及铺路价值取产值%，为8.8万元/年；区域社会经济效益根据投资乘数原理，该项目引起区域运输业、农业、工业、服务业等行业的经济增长，根据$Y=1/(1-a)\cdot I=m\cdot I$，($Y$为由初期投资带来的社会经济效益；$I$为初期投资；$m=1/(1-a)$为投资乘数，$a$为消费倾向，取0.3)，则该项目促进地区经济效益为1139.8万元；另外，本项目的建设和运行势必对本区经济的发展，地区资源的开发，文化教育，人民生活水平以及脱贫致富起到很大的推动作用。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 7-2　地质环境影响因素经济指标计算结果

指标组	指　标	合计	基建期		生产期														
			1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
地质环境资源消耗费用	矿产资源消耗费用：	341.98			22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19
	其中，铁矿资源	332.88			22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19	22.19
	石料及土石填料	9.10	9.10																
	土地资源消耗费用	24.40	24.40																
	水资源消耗费用	22.31	2.77	2.77	2.77	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
地质环境灾害损失费用	崩塌陷落地质灾害损失	10.00																	
地质环境污染损失费用	空气、水、土壤污染损失	57.00	1	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
矿山建设工程投资费用	总投资：	797.88	398.86	398.86															
	其中，环保防灾投资	56.00		56.00															
矿山生产运行费用	总投资：	1575.00			105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00
	其中，环保防灾设备运行费用	78.75			5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25
矿山生产经济效益	总效益：	2655.02																	
	其中，正常生产经营效益	2517.90			167.86	167.86	167.86	167.86	167.86	167.86	167.86	167.86	167.86	167.86	167.86	167.86	167.86	167.86	167.86
	支付货款利息	137.12			28.01	26.63	23.72	19.83	15.89	11.80	7.56	3.15	0.46						
矿山生产安置效益	总效益	498.70	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10	41.10
矿山建设社会效益	防减灾效益	402.90			26.86	26.86	26.86	26.86	26.86	26.86	26.86	26.86	26.86	26.86	26.86	26.86	26.86	26.86	26.86
	减少污染损失	396.00			26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40	26.40
	三废利用效益	158.55			10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57
	促进地区经济发展效益	1139.80	569.90	569.90															

注：本表计算所用价格为可行性研究报告编制时间(1990 年)价格。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

根据以上的具体分析计算过程，我们可以得到地质环境影响因素经济指标值，计算结果见表 7-2。

根据综合经济评价模型，考虑货币时间价值，贴现率取 12%，进行动态评价计算，评价结果见表 7-3。

表 7-3 地质环境质量损益经济评价结果表

矿山开采工程地质环境质量综合经济损益度	矿山开采工程投资经济损益度	矿山开采工程降损方案经济损益度
0.072	0.551	0.211

根据评价结果，结合矿山建设工程在建设、生产、结束各阶段对地质环境影响的不同，从静态和动态两个方面分析了地质环境质量随开发阶段的变化规律和趋势，以利于矿山开采过程中，根据对地质环境影响的差异及不同阶段的主要影响因素，采取切实可行的增效降损对策，具体分布情况见图 7-1 及图 7-2。

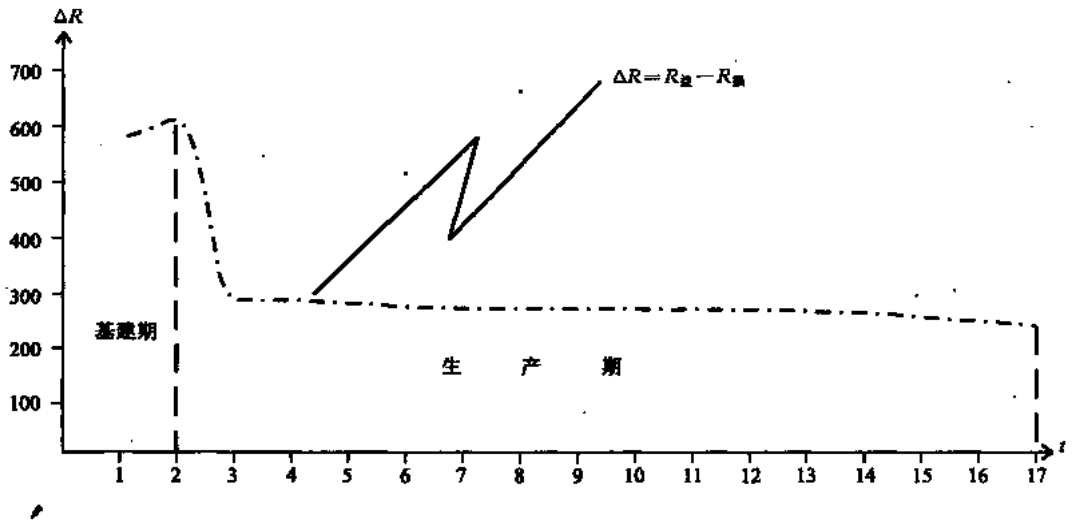


图 7-1 矿山开采工程地质环境质量损益(ΔR)变化曲线(静态)

三、评价结果及说明

通过以上分析评价过程可以看出，巫山县桃花铁矿矿山开采工程地质环境质量综合经济损益度为 0.072；矿山开采工程投资经济损益度为 0.551；矿山开采工程降损方案经济损益度为 0.211。从这些分析结果可得到如下结论：

(1) 从矿山建设和生产全过程来看，对地质环境的影响是积极作用大于负作用，使地质环境质量的经济绝对值不断增长。从矿山开采投资经济效益上来说，其收益亦大于支出，项目从环境经济角度上是可行的。

(2) 矿山开采工程降损方案经济损益度小于矿山开采工程投资经济损益度值，这说明用于地质环境防灾降损的投资其效益要大于用于开采工程，伴随着矿山开采工程的建设，实施

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

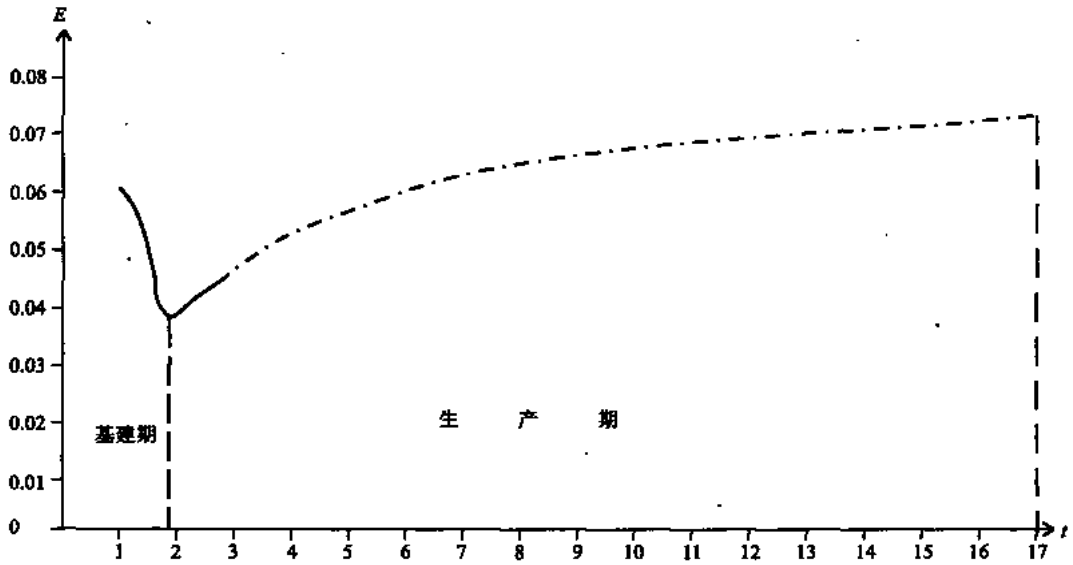


图 7-2 矿山开采工程地质环境质量综合经济损益度(*E*)变化曲线(动态)

积极的降损方案，将对地质环境质量有明显的提高，因此，库区矿山开采工程的实施要注意配套降损方案的优化和建设，以利于保护和改善地质环境质量。

(3) 从矿山开采工程和生产全过程看，基建期由于大规模的基本建设，消耗地质环境资源，地基平整，边坡开挖，坑道掘进，有可能打破原地质应力场的平衡，诱发地质灾害，同时造成环境污染，因此基建期地质环境损益度较高。当基建结束时，由于投资乘数的作用，带动了当地相关行业的经济发展产生了较明显的社会效益，因此地质环境质量损益度达到最低；随着生产期生产经营，地质环境资源不断被消耗，采空区不断增大，地表塌陷开始表现出来，同时环境污染后果不断表现出来，因此随着生产的不断进行，地质环境质量损益度不断增大。

(4) 根据上述情况，在基建期要加强对地质环境的保护，减少地质环境质量的下降幅度；生产期要注意对地质环境的维护，特别要注意环境污染，严格生活和生产的污水废液处理，严格采矿废石的保管和处理；结束期要注意采空区地表的陷落，作好充分的防治工作，防止地质灾害的发生或降低其发生规模和危害程度，以减少其对地质环境质量造成的损失。

第四节 矿产资源开发工程地质环境质量损益综合经济评价[25]

一、类比的基本原则与权重的确定依据

建设项目对地质环境质量的影响主要是从正负两个方面来反映的，即对地质环境质量的增效作用和对地质环境质量的损害作用。而影响这两方面作用的因素是很多的，这些因素在对这两个方面作用的影响行为和程度又是不同的，这就需要确定这些影响因素在不同方面影

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

响的权重值。我们采用优序表法，优序表法又称优序图，它是以强制确定法的0—1法，来比较各影响因素对于某一目标的重要程度，相对重要的取1，相对次要的取0，最后通过累计各因素的得分。通过得分多少排出相对主要次序，从而达到确定权重的目的。矿山开采工程各因素对地质环境影响重要性程度权重表如表7-4。

表7-4 矿山开采工程各因素对地质环境质量影响程度权重表

权重因素 / 目标	矿种	矿体规模	开采方式和方法	矿石加工方式	地质灾害现状	环境污染现状	社会经济发展现状	投资规模	Σ
地质环境增效	0.18	0.25	0.11	0.14	0.07	0.035	0.035	0.18	1
地质环境损害	0.07	0.10	0.14	0.14	0.14	0.17	0.10	0.14	1

在确定上述各评价因素权重值的基础上，将待评价矿山各因素与桃花铁矿相类比，得到各因素类比当量值，再结合各因素权重得待评价矿山相对于桃花铁矿的综合权重当量值，用这一值与标准矿山的综合权重当量值相比较可得其当量系数，利用此当量系数来计算待评价矿山对地质环境质量的增效值和损益值，从而得到待评价矿山的最终评价值。

建立综合类比评价模型如下：

设 $K=[k_1,k_2,\cdots,k_i,\cdots,k_m]$为各类比矿山对地质环境质量损益的综合当量折算系数矩阵；

$V_i=[x_{i1},x_{i2},\cdots x_{ij},\cdots,x_{in}]$为第 i 个矿山各因素综合当量折算矩阵；

$V_0=[x_{01},x_{02},\cdots x_{0j},\cdots,x_{0n}]$为基准矿山各因素综合当量折算矩阵；

$A=[a_1,a_2,\cdots,a_j,\cdots,a_n]$为各因素对环境增效影响权重矩阵；

$B=[\beta_1,\beta_2,\cdots,\beta_j,\cdots,\beta_n]$为各因素对环境损害影响权重矩阵；

$i=1,2,\cdots,m$；为待类比矿山数；

$j=1,2,\cdots,n$；为类比因素个数。

则可得到各类比矿山对地质环境质量损益的综合当量折算系数计算模型：

$$K_i=\frac{[V_0\cdot A^T]\cdot[V_i\cdot B^T]}{[V_0\cdot B^T]\cdot[V_i\cdot A^T]}$$

各类比矿床地质环境质量损益综合经济损益度(E_i)计算模型为：

$$E_i=K_i\cdot E_1$$

（二）区域综合分析评价的计算

根据上述综合评价模型，结合三峡工程库区矿产资源开发利用规划，对库区规划开发利用的51个矿床(四川省境内30个，湖北省境内21个)一一进行类比计算，计算结果见表7-5。

三、评价结果及综合经济评价图的编制

根据上述区域矿产资源开发工程地质环境质量损益的经济评价可编制出库区矿产资源开发工程地质环境质量损益经济评价图(图7-3)，从图中可以看到如下规律：

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 7-5　三峡工程库区矿产资源开发地质环境质量综合经济损益度计算表

矿　山　名　称	V_iB^T	V_iA^T	$\frac{V_iB^T}{V_0B^T}$	$\frac{V_iA^T}{V_0A^T}$	K_i	E_i
万县市川东盐化学公司	3.15	2.74	2.28	1.92	1.19	0.085
川东盐厂	3.15	2.74	2.28	1.92	1.19	0.085
川东盐厂二期工程	3.15	2.74	2.28	1.92	1.19	0.085
奉节硫磺厂	2.66	2.38	1.93	1.67	1.15	0.083
城口钡盐化工厂	2.14	2.07	1.55	1.45	1.07	0.077
城口锰矿山	2.00	2.10	1.45	1.47	0.97	0.071
万县白云岩矿	2.56	2.35	1.85	1.65	1.12	0.081
巫山福田煤矿大块井	1.62	1.64	1.17	1.15	1.02	0.073
巫山龙村矿区田家煤矿	1.86	2.21	1.35	1.55	0.87	0.063
云阳云峰煤矿	2.24	1.92	1.62	1.35	1.20	0.086
万县弹子溪煤矿	2.59	2.06	1.87	1.44	1.3	0.093
开县笔山煤矿	1.97	2.32	1.43	1.62	0.88	0.063
开县双岔沟煤矿水田井	2.04	1.96	1.50	1.37	1.09	0.079
开县高升煤矿	1.90	1.93	1.38	1.35	1.02	0.074
奉节草堂煤矿	2.21	2.21	1.60	1.54	1.03	0.075
梁平红星煤矿	1.59	1.57	1.15	1.10	1.04	0.075
川东水泥厂	3.19	2.85	2.31	1.99	1.16	0.083
忠县水泥厂	2.77	2.42	2.01	1.69	1.18	0.085
开县水泥厂	2.04	2.11	1.48	1.47	1.00	0.072
奉节县水泥厂	2.52	2.48	1.83	1.73	1.06	0.076
梁平县城南水泥厂	1.45	1.32	1.05	0.93	1.13	0.081
云阳三峡水泥厂	2.48	2.32	1.80	1.62	1.11	0.080
南川氧化铝厂	2.42	2.50	1.75	1.75	1.00	0.072
涪陵水泥厂	2.14	2.36	1.55	1.65	0.94	0.067
地区建新水泥厂	2.00	2.19	1.45	1.58	0.92	0.066
垫江水泥厂	1.86	2.00	1.35	1.40	0.96	0.069
南武矿区	2.00	2.36	1.45	1.65	0.88	0.063

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

矿山名称	V_iB^T	V_iA^T	$\frac{V_iB^T}{V_0B^T}$	$\frac{V_0A^T}{V_iA^T}$	K_i	E_i
涪陵白涛煤矿	1.38	1.32	1.00	0.93	1.08	0.078
石柱赶家桥煤矿	1.58	1.61	1.14	1.13	1.01	0.073
石柱西沱水泥厂	1.72	2.55	1.26	1.79	0.70	0.051
(湖北省)宜昌水泥厂	1.82	2.59	1.32	1.81	0.73	0.052
宜昌石材公司	1.62	1.54	1.17	1.08	1.08	0.078
宜昌店子坪磷矿	2.34	2.71	1.96	1.90	1.03	0.074
宜昌丁家河磷矿	2.34	2.71	1.89	1.90	0.89	0.064
兴山磷矿	2.24	2.68	1.62	1.87	0.99	0.071
宜昌磷化集团公司兴山县分公司磷矿	2.20	2.63	1.59	1.84	0.86	0.062
兴山县硫铁矿	1.76	1.64	1.27	1.48	0.86	0.062
兴山县电化厂	1.90	1.83	1.38	1.28	1.11	0.080
兴山县建材工业公司白鹤水泥厂	1.72	1.93	1.24	1.35	1.07	0.077
兴山县水泥厂	1.48	1.50	1.07	1.06	0.92	0.066
兴山县非金属矿产公司	1.59	1.68	1.15	1.23	1.02	0.070
兴山县白果园银钒矿	2.18	2.18	1.58	1.52	1.04	0.075
秭归县水泥厂	1.76	1.75	1.27	1.23	1.03	0.074
秭归县陶瓷厂	1.76	1.75	1.27	1.23	1.03	0.074
巴东辛家煤矿	2.20	2.32	1.59	1.62	0.98	0.070
巴东鼓楼煤矿	1.58	1.39	1.14	0.97	1.67	0.084
巴东县石煤发电厂	2.20	2.21	1.53	1.55	0.99	0.071
巴东水泥厂	2.10	1.93	1.52	1.34	1.13	0.082
巴东县石材厂大理石矿	1.34	1.18	0.97	0.82	1.17	0.085
巴东县泥岩砖厂	1.62	1.36	1.17	0.95	1.23	0.089
宜昌非金属矿山公司	1.72	1.72	1.24	1.20	0.97	0.069

注：V_iB^T 为第 i 个待评价矿床开发利用对地质环境损害程度综合评价值；

V_iA^T 为第 i 个待评价矿床开发利用对地质环境增效程度综合评价值；

$\frac{V_iB^T}{V_0B^T}$ 为第 i 个待评价矿床对环境损害程度相对于标准矿山的综合当量折算系数；

$\frac{V_iA^T}{V_0A^T}$ 为第 i 个待评价矿床对环境增效程度相对于标准矿山的综合当量折算系数。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

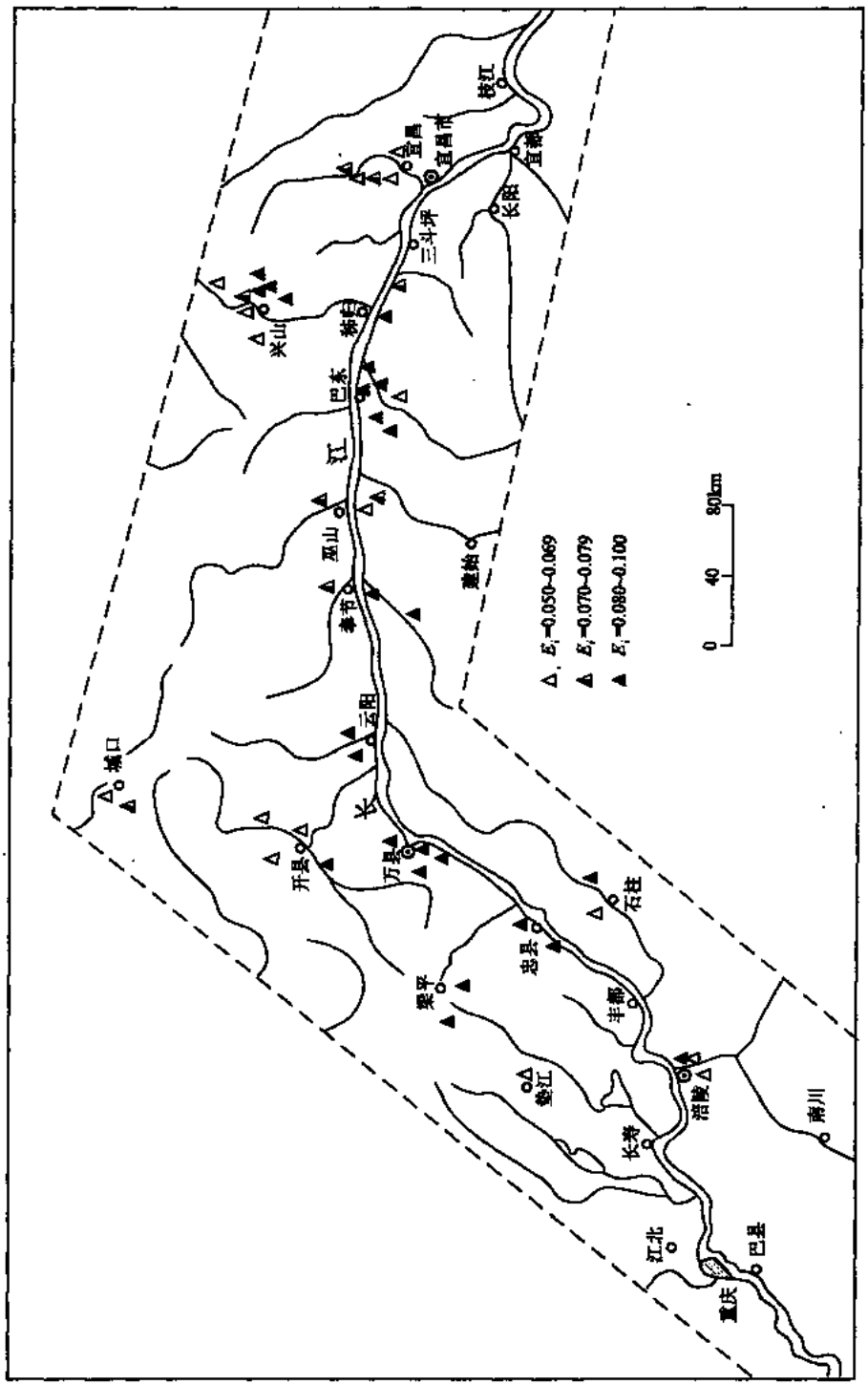


图 7-3 长江三峡工程库区矿山开采工程地质环境质量综合损益(E_i)示意图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(1) 地质环境质量综合经济损益度 E_i 的分布从长江主航线向两侧损益度值逐渐降低，这说明沿江地带矿产开采工程对地质环境损害比较大，越向两岸深处延伸，损害程度越小。

(2) 从整个区域上来看(图 7-4)，根据损益度 E 的大小，地质环境质量损益可划分为三类地区：①高损益区($E>0.080$)，如万县、忠县、云阳、巴东；②中等损益区($E=0.070\sim0.079$)，如开县、奉节、巫山、秭归、梁平；③低损益区($E<0.069$)，如宜昌、兴山、石柱、涪陵、南川、垫江。

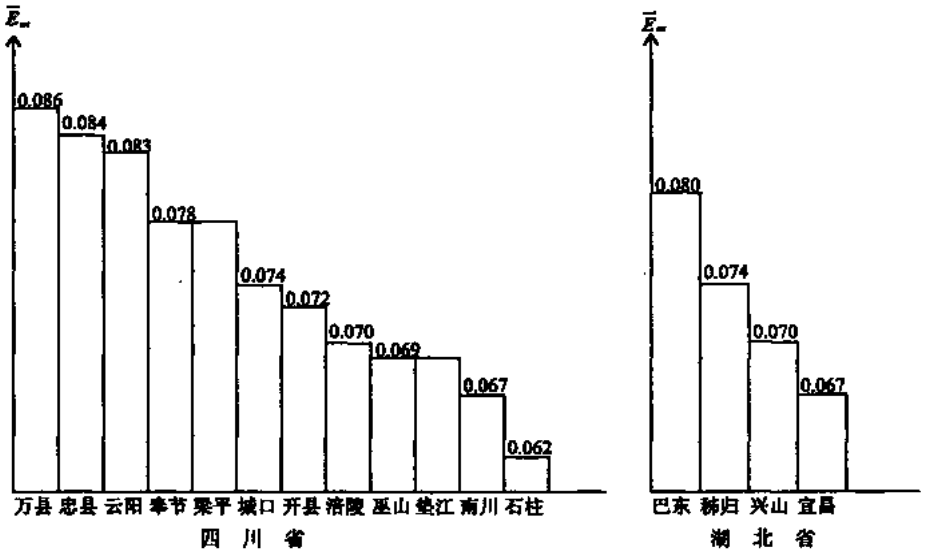


图 7-4 库区矿山开采地质环境质量损益($\overline{E}_m$)直方图

(3) 高损益区的分布与地质灾害比较严重的地区是一致的。如万县、云阳、巴东本身就是滑坡、崩塌等地质灾害比较发育的地区，因而矿山开采工程对地质环境质量的影响也比较大。

(4) 库区矿山开发工程地质环境质量损益度在各矿种的分布表现为三个等级(图 7-5)：①高损益矿种主要为化工矿种，如硫铁矿、盐矿、钡盐、硫磺矿等；②中等损益矿种主要为煤、石灰岩、白云岩、大理石和有色矿种；③低损益矿种主要为铁、锰及磷矿种。

四、矿产资源开发与地质环境保护的对策与建议

1. 库区矿产资源的开发要与区域资源特点和经济发展相适应

从前面地质环境质量损益经济评价的指标体系可以看出，提高地质环境质量的重要方面在于提高矿产资源的开发效益，即提高其经济效益、社会效益和安置效益。而要提高其效益必须保证资源的开发与区域经济长期规划相适应，开发区域内的优势矿产，如煤、石灰岩、盐类资源，以提高资源的开发效益，提高环境质量。

2. 库区矿产资源的开发要与整体三峡工程相适应

三峡工程是举世瞩目的重大工程，其经济效益和社会效益是十分巨大的，但同时也花费

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

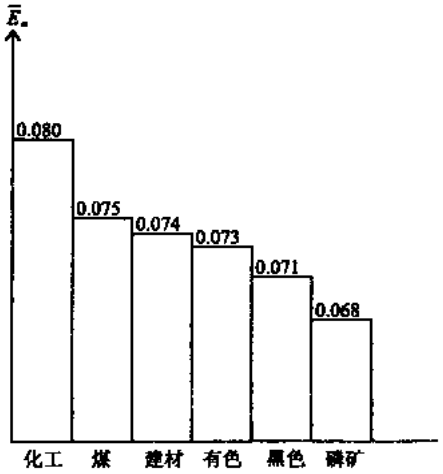


图 7-5　库区矿山开发工程地质环境质量损益度矿种分布($\bar{E}_r$)直方图

大量的人力、财力和物力，要消耗大量的地质环境资源，这就要求库区资源开发必须与三峡工程的整体需要相适应，与三峡工程的要求相适应，以提高整个工程的效益，提高地质环境质量。

3. 库区矿产资源的开发要与地质环境的保护相适应

提高地质环境质量的一条途径是提高矿产资源开发的效益，另一条途径就是减少地质环境的损耗，这就要求必须合理利用环境资源，节约使用环境资源，更重要的是要保护地质环境，在资源开发利用的过程中，注意配套防灾降损方案的协调，减少矿山开采工程对地灾害的诱发程度，确实做好三废的处理，提高地质环境质量。

4. 库区矿产资源的开发要与库区地质环境的监控管理体系相适应

由资源开发的地质环境质量损益度分布图可以看出，库区矿产资源开发工程地质环境质量高损益区正是库区地质灾害、经济发展等比较集中的地区，也正是三峡工程的库区主体，是三峡工程地质灾害的重点监控和管理地区，因此库区矿产资源的开发必须与库区地质灾害的监控管理体系相协调，减少人为的诱发因素，提高防灾降损方案的效益，从而降低环境损害，提高环境质量。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第八章　三峡库区水利水电工程地质环境质量损益经济评价

第一节　库区水利水电工程评价研究的环境背景

一、库区水利水电工程发展现状

长江三峡工程规模巨大，举世瞩目。工程库区地表水资源丰富，水资源可供开发量达356.88万kW。为了充分开发地表水资源，近40余年来共修建水库400余座，总容量达60228.74 m^3，在灌溉、发电、防洪等方面都发挥了重大作用。水能资源目前已开发39.3万kW，年发电量13.88亿kW·h，是工农业生产和人民生活用电的重要来源。库区农业灌溉主要依靠地表水，已修建不同规模水库、渠道、塘堰、提引等水利工程约110411处，总蓄引、提水量达15.48亿 m^3，有效灌溉面积达403.36万亩，为库区社会经济发展作出了巨大贡献。

三峡工程的建设，工程水库回水淹没中、小型、电站139处，装机容量7.7万kW，其中水电站135座，装机容量为5.75万kW；火电厂4座，装机容量1.95万kW。因此，修建被淹电站的替代电站，对受影响电站进行维护，开发各地区丰富的水资源，发展库区经济是库区经济建设与发展的主要内容之一。然而，由于库区特殊的地质环境特征以及人类社会经济活动的影响，这些水利水电工程的建设都或多或少地存在一些诱发的各种地质灾害，使地区地质环境质量受到极大的损害，而且也给水利水电工程效益的发挥造成极大的威胁和破坏。因此，对于库区中、小型水利水电工程建设地质环境质量损益进行经济评价，仅仅作出其现状的分析是不够的，需要认真回答水利水电工程的地质环境质量在可预见的未来时间的发展状态，及其质量损益情况，以便能够为库区中、小型水利水电工程建设提出可靠依据和防灾降损对策。

二、库区水利水电工程存在的环境问题

库区已建水利水电工程，为满足库区人民用电、灌溉等的需要，为库区经济建设发挥了巨大的作用。但由于库区复杂的地质环境、发育的地质构造以及工程施工中人为因素的影响，致使部分中小型水库存在着较为严重的环境地质问题，直接影响了工程效益的正常发挥，具体表现为：

1. 库水渗漏问题

三峡库区已有水利水电工程中表现为坝底渗漏、坝肩渗漏以及库区渗漏的现象较为普遍，主要原因有以下三种方式：

(1) 岩层风化裂隙及构造裂隙引起。奉节以西碎屑岩广泛分布，地区沟谷发育，切割破碎，岩层解理发育成为库区渗漏的主要通道。奉节生基槽水库建于自流井细砂泥岩上，因水

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

库两侧山体单薄(仅 150 m),加之砂岩裂隙发育,库水沿裂隙向邻谷渗漏,仅一昼夜将 42 万 m^3蓄水全部漏失,水库报废。梁平盐口水库,坝址位于明月峡背斜南东翼须家河组单斜地层上,砂岩发育两组裂隙,实测漏水量 1500 t/d,水库不能正常蓄水。

(2) 地下岩溶通道引起。奉节以东碳酸盐岩广泛分布,岩溶发育,溶蚀裂隙、管道、溶洞暗河发育,成为库区和坝下渗漏的主要通道。如巴东紫阳水库,由于地质条件未查清,盲目动工兴建蓄水 100 万 m^3 的水库,后发现库区存在溶洞,被迫停工,直接经济损失 10 万元。奉节倒洞子水库,巫山新花、双树垭水库都因岩溶地下通道的存在,水库蓄水后产生渗漏。

(3) 工程施工质量引起。据涪陵、万县、奉节、巫山等县调查资料表明,造成库水渗漏的属施工质量的 50%。如奉节大田水库、阳合水库,涪陵地区的卫东水库均因对松散堆积或风化残积层未采取防渗措施致使渗漏。

2. *泥沙淤积问题*

库区碎屑岩分布广泛,尤其是奉节以西,多为泥(页)岩出露,为侵蚀剥蚀中低山丘陵地区,地形坡度较陡,植被稀少,风化强烈,暴雨强度大且频繁,水土流失严重,流失的水土带入水库,造成库内严重淤积。巫山县修建的 32 座水库中,50%左右水库年淤积量为 5000～8000 t/km^2·a;20%左右超过 8000 t/km^2·a。红杀、竹丝弯、尖山等水库,工程未完淤积厚度就达 0.4 m 左右。云阳小江水库上游三条支流水土流失严重,水库 1971 年建成,库容为 7200 万 m^3,至 1980 年已淤积 3000 万 m^3,占总库容的 40%。巴东溪水湾水库,从 1979 年～1981 年三年时间内,排水管以下近 0.3 万 m^3 死库容全部被淤满。刘家湾、刘家湾东沟、文昌阁等水库,库区侵蚀模数达 1000～6000 t/km^2·a,库内淤积严重,三斗坪至茅坪间风箱沟跃进水库,库区汇水面积约 5 km^2,库容 3 万 m^3,侵蚀模数达 3000 t/km^2·a,仅两年水库即被淤满。上述实例看出库区淤积是中、小型水利水电工程的重要地质灾害,直接影响着水利工程的寿命与效益。

3. *库岸稳定问题*

水库蓄水后,由于库水水位的涨落,引起库岸坍塌,滑坡现象时有发生。如涪陵水磨滩水库蓄水后,库区塌岸严重,造成整个水库被淤;巫山的丰洞、燎原水库因管理不善,暴雨后水位上升,随后开闸突然泄水,两天内水库水位下降 5～6 m,造成库岸及坝内滑塌,香溪的八字门老滑坡复活。

4. *水库诱震问题*

水库诱发地震也是水利水电工程存在的环境地质问题,产生的原因一方面是由于水库蓄水增大库缘(底)岩体荷载;另一方面库缘岩体内部地下水静水压力增大,岩体的渗透增强和被淹没部分获得地下水,从而改变了地壳内的应力和岩体抗应变能力,从已发生水库诱发地震的地质环境条件分析,水库诱发地震与坝高和库容等因素密切相关。

水库诱发地震主要有以下三方面的影响:

(1) 诱发地震对水利水电枢纽的影响;

(2) 诱发地震对库岸邻区滑坡,库岸斜坡稳定性的影响;

(3) 诱发地震对城乡建设的影响。

三、库区中小型水利水电工程发展规划

为满足工农业生产以人民生活用水,用电需要,综合库区水利水电淹没情况和开发性移民社会经济发展的要求,库区各地相继进行了水利水电建设规划,主要规划情况如表 8-1。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 8-1　库区主要水利水电工程情况一览表

电站名称	县　名	装机容量/kW	库 容/万 m^3	投资/万元
升 坪 电 站	秭归	12000	3180	2700
响水洞电站	秭归	1000	径 流	300
棋盘岭电站	秭归	640	径 流	155
天 龙 电 站	秭归	400	径 流	100
老龙洞二级电站	秭归	500	一级尾水	120
夹石冲电站	秭归	500	径 流	120
玄武洞电站	秭归	500	径 流	120
峡门口电站复建	巴东	1200	引 水	430
鱼背山电站	万县	17000	8605	25090
双河电站二期	万县	19000	8000	7110
赶 场 电 站	万县	25000	引 水	4200
红 花 电 站	开县	12600		3149
关 面 电 站	开县	2000		1400
双河口电站	开县	12000		3100
土 龙 电 站	开县	8000		2000
坪 坝 电 站	城口	12000		2886
油 房 电 站	城口	3750		800
眉引河电站	奉节	6000		1400
茅草坝电站	奉节	500	1960	2100
柏林坡电站	奉节	800		1800
天井峡电站	奉节	16000		4000
羊子岩电站	忠县	3200		710
方家河电站	忠县	1200		270
沙 沱 电 站	云阳	3200		750
巫山当阳电站	巫山	3200		750
火 烧 电 站	巫溪	6400		1400
大 河 电 站	巫溪	6400		1500
竹 丰 电 站	梁平	1000		2400

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

电站名称	县　名	装机容量/kW	库 容/万 m^3	投资/万元
跳岩河电站	石柱	30000	按有库容处理	14000
石板水电站	石柱	105000		9000
青烟洞电站	涪陵	4800		750
木棕河电站	武隆	12000		2545
金家坝电站	武隆	12600		2500
竹 丰 水 库	梁平		1210	2073
戚 池 水 库	云阳		2075	2950
桥 亭 水 库	万县		5000	4000
狮子头水库	万县		129	704
董 家 水 库	万县		537	558
上 游 水 库	开县		138	540
烂泥沟水库	开县		117	360
大 材 水 库	忠县		108	380
杨家坝水库	忠县		220	450
小黑潭水库	梁平		101	320
紫 荆 水 库	云阳		121.1	420
花 果 水 库	云阳		105.5	280
大 坝 水 库	云阳		145.5	450

四、水利水电工程地质环境质量损益经济评价的基本思路

库区中小型水利水电工程地质环境质量损益经济评价是一个复杂的系统分析过程，即采用价值理论、经济理论及系统理论就地质环境-工程建设这一复合大系统的结构、特征和运行规律进行具体分析研究的过程。这一分析评价过程包括以下三个评价系统：

(1) 评价对象系统。包括地质环境系统；工程项目系统；作用因素系统等。

(2) 评价时间系统。考虑评价系统的动态性、开放性和演化性，将时间因素考虑于评价过程中去。

(3) 评价识别系统。包括地质环境本底准系统，发展投资准系统；理想准系统及工程影响准系统。

建立库区水利水电工程地质环境质量损益经济系统评价框图(图 8-1)。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

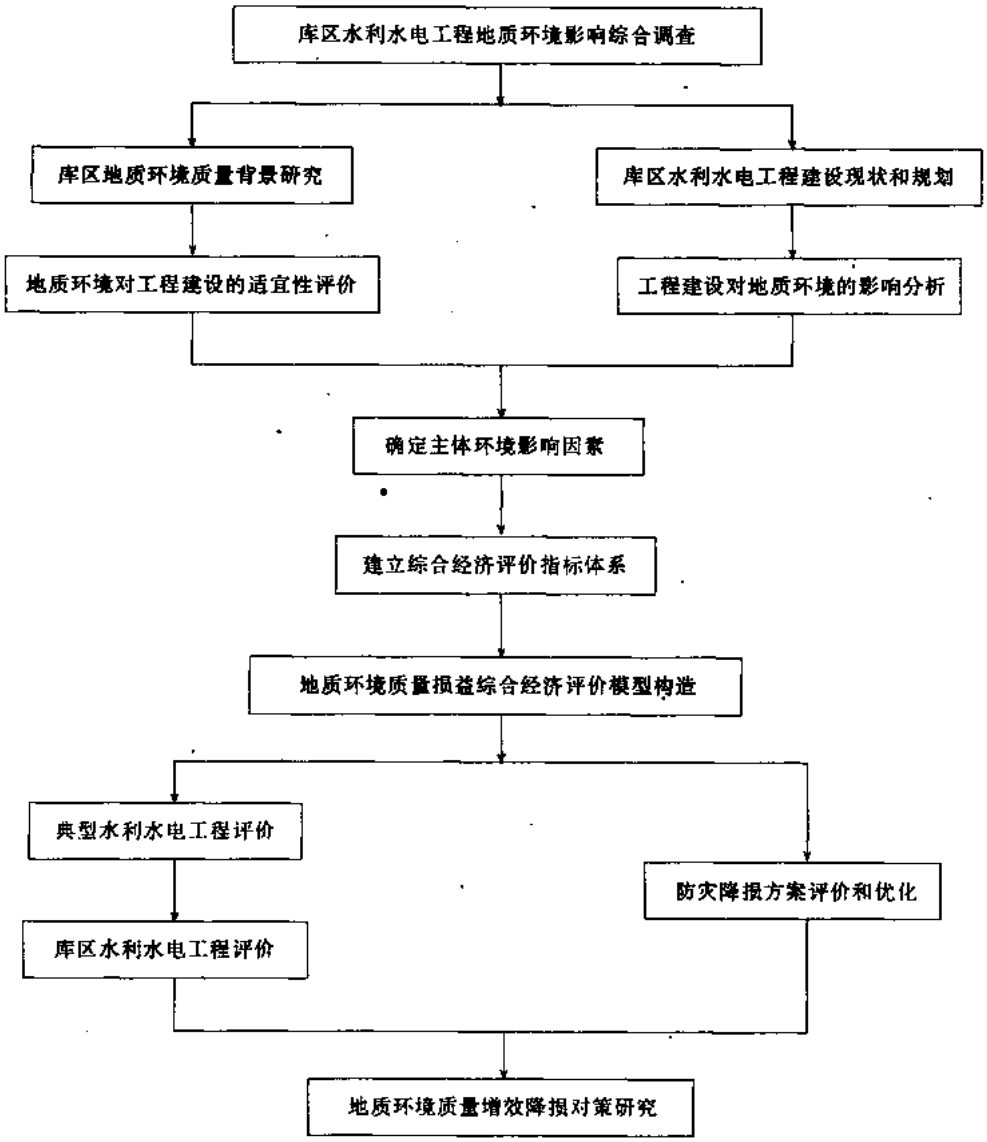


图8－1　地质环境质量损益经济系统分析框图

第二节　库区水利水电工程地质环境质量损益经济评价指标体系及模型构造[26]

一、水利水电工程与地质环境的相互影响关系

库区水利水电工程种类很多，包括水库、电站、渠、塘、堤、堰、引水工程、提水工程、防灾工程等的系列配套工程。而其中又以水库和电站为主，因而分析评价过程以水库和水电站项目作为水利水电工程的代表工程。同时，无论是水库，还是水电站，则都以修筑大坝为核心内容，这样分析水利水电工程的环境影响即落实为坝对环境的影响问题。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（一）地质环境对工程建设的影响

地质环境是人类社会生存和发展的基础，地质环境质量的高低，反映了构成地质环境各要素对人类工程活动的适宜性水平。地质环境质量是一个相对的概念，是相对于确定的工程活动类型而言的。很明显，同一地质环境单元，对于城市建设和对于矿山开发其适宜水平是不同的。但不论对于何种工程活动，其地质环境质量(适宜性)评价的思路及大类指标都是一致的，只是评价的侧重点及具体分析指标不同而已。对于水利水电工程，地质环境对工程建设的适宜性分析，也必须从以下几个方面研究：

(1) 地质环境资源丰富程度。即有无工程建设所需要的地表水资源；矿产资源(建材)等，以及丰富程度和协调配套程度。

(2) 地质体对工程建设的适宜程度。如岩层结构组成，有无使水库发生渗漏的风化裂隙，构造裂隙，岩溶裂隙及通道；地表覆盖层成分及厚度，区域构造、工程地质、水文地质等对水利水电工程的满足程度。

(3) 地质环境灾害发育程度。对于水利水电工程主要为库区流域面积的水土流失情况、库区滑坡、泥石流、崩塌的规模发生可能性及强度、区域地震灾害情况等。

(4) 地质环境污染程度。尤其为库区流域范围工业及生活“三废”排放对库区水资源的污染。

(5) 社会经济发展程度。反映区域社会经济有无保障工程实施的人力、物力和财力；有无必要的交通、邮电、通讯等基础设施条件等。

(6) 环境容量饱和程度。是指区域地质环境范围内，可供人类社会活动的环境容量的潜力大小。具体地质环境质量对水利水电工程影响关系见图 8-2。

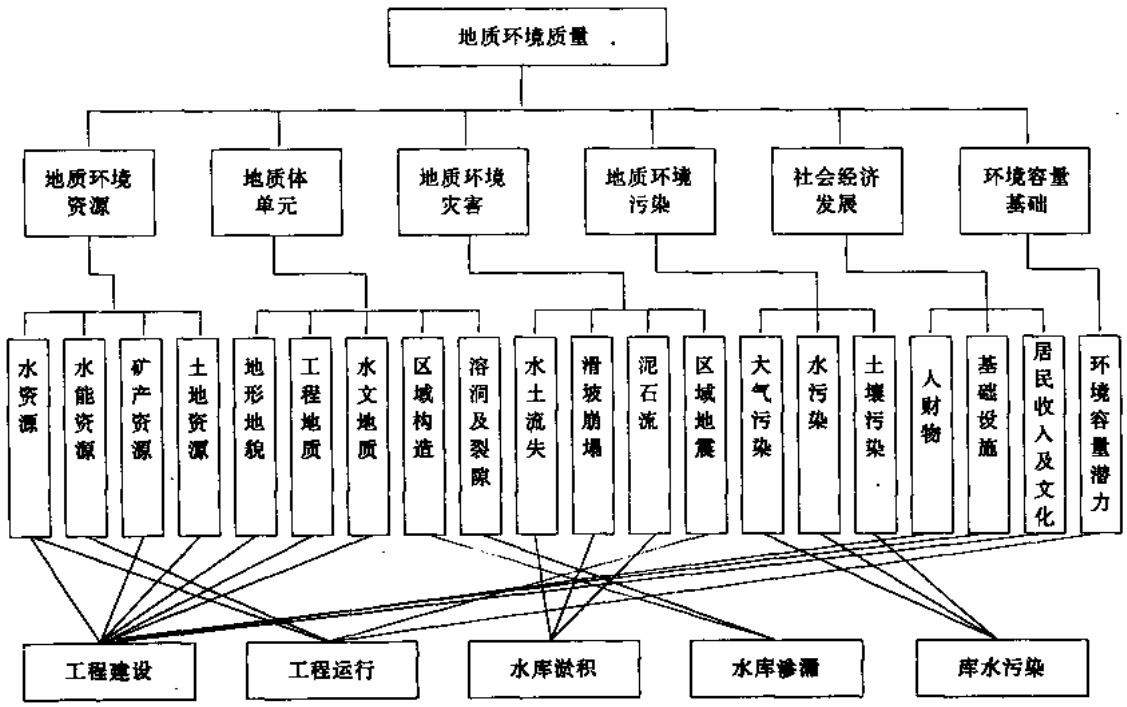


图8-2 地质环境质量对工程建设影响关系图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）工程建设对地质环境的影响。

对于大坝来说，不同的位置其影响关系是不同的。上游主要表现为环境对坝的影响，如水土流失造成淤积；流域内“三废”对库水的污染；以及库区地质条件造成的库水渗漏等。大坝所在地和下游，则表现为坝对环境的影响。

水利水电工程的建设和运行过程中，对地质环境的影响表现为正负两个方面。

正的方面：由于水库蓄水的调节作用，使下游水流变化较小，保证了充足的用水，降低了洪涝灾害；库区、湖泊与池塘的形成，增加了娱乐场所和养殖场地；水电站的建成，满足地区电力需要；水库产生重力水头，为灌溉提供便利；同时，水库的建设和电力的供应，改善了地区社会经济状况，提高了地区人民的收入水平和文化素质，改善了地区投资环境，提高了地区社会经济实力。

负的方面：水库的建设蓄水使上游大片土地被淹没，造成居民搬迁，淹没矿产、草场及旅游资源；建坝易诱发地震，从而诱发滑坡、崩塌等地质灾害，产生库岸再造、加重库区淤积；由于水库水域面积增大，加快了水的蒸发速度，从而增加了水资源损失；水库蓄水后，水压增大，加速地下渗漏等。同时，在工程的实施过程中；工程开挖，可能诱发地质灾害；坝区、厂区建设，不仅要消耗大量的建筑材料(建材矿产)，占用土地资源，而且施工过程中的“三废”，会产生一定程度的环境污染。所有这些影响作用，都将导致地质环境质量受到损害。

水利水电工程对地质环境质量影响关系见图 8-3。

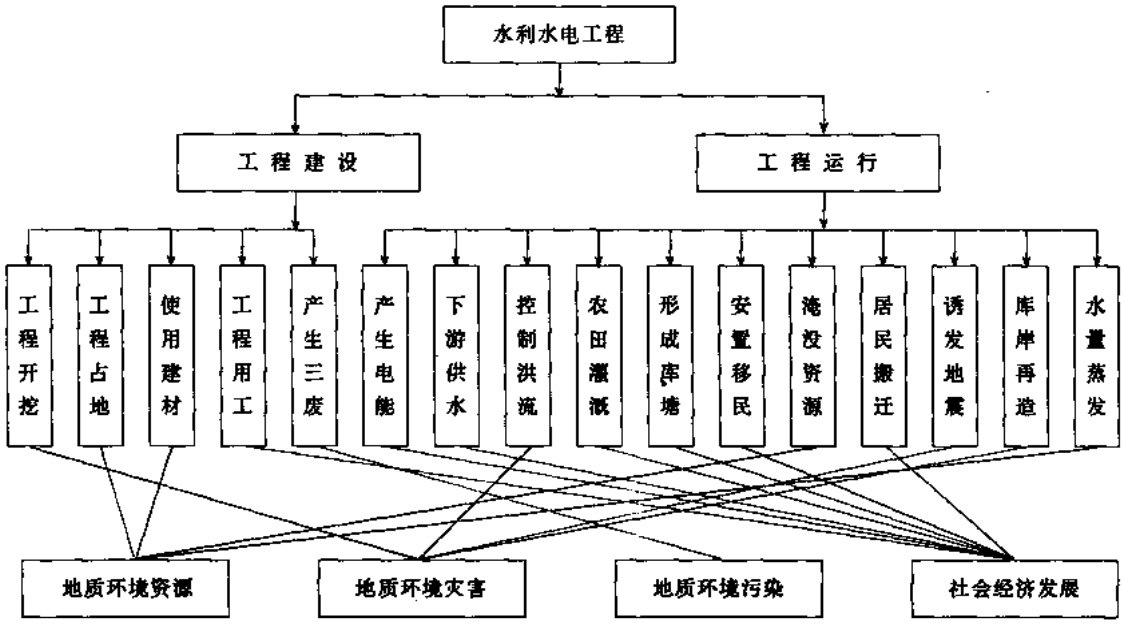


图8-3　工程建设对地质环境质量影响关系图

二、水利水电工程地质环境质量损益经济评价指标体系

根据以上地质环境质量与水利水电工程相互影响关系分析可以看出，水利水电工程对地质环境质量的影响，是在原地质环境背景之上叠加的。这种正负作用的叠加过程，直接表现

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

为对构成背景地质环境要素质量的消涨，这样，我们可以通过对这种消涨作用的分析，利用价值形式确定各地质环境要素消涨幅度，以确定是正效益大于负效益还是负效益大于正效益，从而确定工程活动对地质环境质量的损益程度。根据本研究思路，建立经济评价指标体系如表8-2。

以上分析评价指标中地质环境质量影响因素经济指标是具体分析指标；地质环境质量损益综合经济评价指标为最终评价指标，其中水利水电工程地质环境质量损益综合经济损益度(E_1)为主要评价指标，反映工程活动对地质环境质量的损益程度；后两个指标为辅助评价指标，主要是反映地质环境核算基础上工程建设的可行性和工程配套防灾及环保方案的降损效果。

三、分析评价方法体系及模型构造

水利水电工程与城市迁建，农村移民等其他开发工程不同，表现为一个点上的工程活动，但又与矿山开采工程不同，这种工程具有工程建设地点的可选性，不过总体与地质环境的作用过程同矿山工程很相近，因此，评价指标及模型方法体系基本上类同于矿山工程，不同之处只是计算内容的差异。

（一）分析指标计算方法体系

以上分析指标的计算，有些比较复杂，涉及合理计算方法及计算范围的确定。根据各分析指标的特点，参考国内外的有关资料，常用的计算方法如表8-3。

（二）评价指标分析模型

在以上各分析指标计算结果的基础上，各评价指标计算模型如下：

$$E_1=\frac{\sum_{t=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}C_{ij}\cdot P_t}{\sum_{t=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}B_{ij}\cdot P_t}$$

$$E_2=\frac{\sum_{t=1}^{m}\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}C_{ij}+\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}D_{ij}\right]P_t}{\sum_{t=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}B_{ij}\cdot P_t}$$

$$E_3=\frac{\sum_{t=1}^{m}[D_{14}+D_{12}]\cdot P_t}{\sum_{t=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}B_{i4}\cdot P_t}$$

式中 C_{ij}——地质环境第 i 类要素第 j 项损失；

D_{ij}——工程项目第 i 方面第 j 项费用；

B_{ij}——工程项目第 i 方面第 j 项效益；

P_t——第 t 年的贴现系数。

（三）区域水利水电工程类比模型

在典型水利水电工程分析评价基础上，通过选取类比因素，实现区域规划水力水电工程的类比评价。类比计算模型如下：

$$E_r=K_r\cdot E_1$$

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 8-2　水利水电工程地质环境质量损益经济评价指标体系

大类指标	指　标　组	具　体　指　标
地质环境质量影响因素经济指标	地质环境资源损耗(C_1)	矿产资源损耗(C_{11}) 土地资源损耗(C_{12}) 水资源损耗(C_{13}) 其他资源损耗(C_{14})
	地质环境灾害损失(C_2)	滑坡灾害损失(C_{21}) 崩塌灾害损失(C_{22}) 泥石流灾害损失(C_{23}) 库岸再造灾害损失(C_{24}) 水库诱震灾害损失(C_{25}) 其他地质灾害损失(C_{26})
	地质环境污染损失(C_3)	大气污染损失(C_{31}) 水污染损失(C_{32}) 土壤污染损失(C_{33}) 噪声污染损失(C_{34})
	工程建设投资(D_1)	水库投资(D_{11}) 厂区投资(D_{12}) 配套设施投资(D_{13}) 防灾及环保投资(D_{14})
	工程建设运行费用(D_2)	工程项目运行费用(D_{21}) 防灾及环保维持费用(D_{22})
	工程建设经济效益(B_1)	工程项目开发效益(B_{11}) 工程项目灌溉效益(B_{12}) 工程项目供水效益(B_{13}) 工程项目养殖效益(B_{14}) 工程项目漂木通航效益(B_{15})
	工程建设社会效益(B_2)	区域防洪效益(B_{21}) 区域资源开发效益(B_{22}) 区域经济发展效益(B_{23}) 区域社会影响效果(B_{24}) 防灾及环保效益(B_{25})
	工程建设移民安置效益(B_3)	直接安置效益(B_{31}) 间接安置效益(B_{32})
地质环境质量损益综合经济评价指标	水利水电工程地质环境质量综合经济损益度(E_1) 水利水电工程投资经济损益度(E_2) 水利水电工程防灾及环保投资经济损益度(E_3)	

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 8-3　分析评价指标计算方法一览表

评　价　方　法	一般计算公式	符　号　说　明
一、以市场为主的方法		
1. 市场价值法	$L_1=\sum_{i=1}^{n}Q_i\cdot P_i$	L_1：总消耗价值 Q_i：i 种产品消耗量 P_i：i 种产品市场价格
2. 机会成本法	$L_2=\sum_{i=1}^{n}S_iw_i$	L_2：资源损耗机会成本的价值 S_i：i 种资源单位机会成本 w_i：i 种资源耗数量
3. 修正人力资本法	$L_3=P\left[\sum_{i=1}^{n}(a_i\cdot s\cdot i_i)+\sum_{i=1}^{n}(\beta_i\cdot s\cdot i_i)\right]+\sum_{i=1}^{n}(c_i\cdot a_i\cdot s)$	a_i：i 种疾病污染区高于对照区的发病率 β_i：i 种疾病污染区高于对照区死亡率 s：污染区覆盖人口 i_i：i 种疾病人均失去劳动时间 P：污染区人均国民收入 c_i：i 种疾病人均医疗费
4. 环保投入的市场价值法		
(1) 防护费用法	$L_4=\sum_{i=1}^{n}c_i$	L_4：防护或恢复前的污染损失 c_i：i 项救护或恢复费用
(2) 恢复费用法	$L_5=Q\cdot I$	L_5：水库淤积损失 Q：泥砂淤积量 I：单位库容投资
(3) 影子工程法		
二、替代市场价值法		
1. 资源价值法		
2. 旅行费用法		
3. 工资差额法		
三、以调查为主的方法		
1. 询问支付愿望		
2. 专家调查法		

第三节　库区水利水电工程地质环境质量损益经济评价

一、典型水利水电工程确定的依据

典型水利水电工程的选取满足两个条件：①代表性，即选择的典型工程能够反映各待评

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

价工程的一般特征；②资料的全面性和准确性，即选用的典型工程能够满足评价过程中各种资料、数据和参数的需要。其中典型工程的代表性应包括以下几个方面。

(1) 选择的典型工程在区域构造、地层、岩性、地形地貌、水文地质和工程地质条件等地质环境因素能够反映出整体区域内待评价工程的整体特征。

(2) 选择的典型工程所在位置必须是具有代表性的长江干流的一级支流上，并实现梯级规划。

(3) 选择的典型工程必须是水库、电站等工程类型齐全。

(4) 选择的典型工程必须是在规模、投资、供电能力、影响范围等达到一定层次的中型工程。

根据以上选择依据，结合库区水利水电工程建设规划和进展程度，本次研究确定鱼背山水库(电站)作为典型工程。

二、鱼背山水电工程地质环境质量损益经济评价

鱼背山水库位于四川省万县市王桥区双流乡、谷雨乡境内，长江干流上游下段右岸的一级支流——磨刀溪鱼背山河段中部，根据《万县地区磨刀溪中段(大滩口—赶场)规划调整报告》，鱼背山水库(电站)为磨刀溪梯级开发第二级，是近期的龙头水库，也是三峡工程水库淹没的小江电站的补偿电站。水库正常蓄水位 644.0 m，总库容 8605 万 m^3，电站装机 1.7 万 kW，多年平均发电量 7257 万 kW·h。

(一) 地质环境对工程建设的适宜性分析

根据《四川省万县市磨刀溪鱼背山水电工程初步设计报告》研究，鱼背山水电工程区地质环境对工程建设的适宜性情况如下：

1. 区域地质

工程区处于四川台向斜东缘、川东褶皱束，万县弧型褶皱带之方斗山与七曜山背斜间的赶场向斜内，地质构造简单，地层产状平缓，且无大的断裂构造通过，区域地质构造环境表明，本区具有较好的构造稳定性。

2. 区域地震

工程区及其附近无发震构造分布，亦无中强地震活动记载，按照《中国地震裂度区划图》综合确定，鱼背山水库(电站)工程的地震基本强度为Ⅵ度。

3. 地形地貌

坝址处河谷呈不对称“U”型，两岸地形较完整，经对不同坝址方案进行比较；此处条件最佳，唯左岸下游有两条小型冲沟切割，右岸坝肩东侧为古河道溢口，使右坝肩显得较为单薄。

4. 地层岩性

库区为砂泥岩互层，其中泥岩具有较好的隔水性，库内既无断层构造的渗漏通道存在，附近又无邻谷深切，不存在水库渗漏问题。

5. 水文地质

根据含水层的类型和富水程度不同，库区可划分为第四系松散堆积孔隙含水层和基岩裂隙含水层，其中泥岩、泥质粉沙岩透水性较弱，其 K 值一般为 0.6～3.0，为相对隔水层；砂岩透水性较强，一般 K 值为 3～5。钻孔揭示的相对抗水层埋深：左岸 47.25 m，河床20.47～

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

28.33 m，右岸大于 60.45 m，根据水化学分析结果和侵蚀性分析，坝区河水及地下水对工程建筑物混凝土无侵蚀性。

6. 建材资源

工程区所需建材资源丰富，砂岩石料储量丰富，多呈厚层块状，岩质坚硬致密，运距近，开采方便，可作为人工骨料资源。工程所需土料资源较差，而且占用大量耕地，尚须采取人工开采破碎措施。

7. 社会经济基础条件

工程区距万县市 59.3 km，距已建双河电站低坝 680 m，有专用公路，万石公路和万利（318 国道）公路与万县市和周边地区相通，交通方便，能源有保障。

8. 不利因素

工程区地质环境的不利因素主要有以下三个：①水土流失比较严重，丰水年推移层输沙量为 1.28 万 t，中水年推移层输沙量为 1.063 万 t，枯沙年推移层输沙量为 0.79 万 t，将对库区造成一定程度的淤积。②未来库区砂岩中发育有两组解理裂隙，与岸坡交角不大，常沿此裂隙产生卸荷崩塌，增加库区淤积。③坝址下游右岸 0.5 km 处有龟色蠕滑体，滑面受砂层面控制，工程施工开挖，可能诱发滑坡发生。

（二）工程建设对地质环境的影响——评价指标值的计算

1. 地质环境资源损耗

鱼背山水电工程损耗的地质环境资源有占用和淹没土地资源；工程施工消耗的石材，砂料和土料。工程施工占用和淹没的土地共 1599.2 亩，另有附着被淹土地之上的迁移人口 742 人，房屋 3.23 m^2，淹没公路 5 km，农话线 4 km，输电线 3 km，农村照明线 6 km，装机 175 kW 小水电站基础设施，一起算于土地耗用补偿费 1070 万元。工程消耗石材 2.69 万 m^3，按条石、拱石、毛条石平均价格 33.75 元/m^3；坝体填筑石方 88.87 万 m^3，按砂、碎石、块石平均价格 21.05 元/m^3，土料由于从被征土地取土，其价值已计入征地费用，此处只计算取土费用单价 4.59 元/m^3，计 109.56 万元。

2. 地质环境灾害损失

与工程相关的地质灾害有库区蓄水造成的库岸崩塌，其表现结果为造成水库淤积，淤积量取年均 1.06 万 t，根据我国泥砂淤积输浚成本调查资料，为 1～3 元/t；坝址下游右岸 0.5 km 处的滑坡体，工程开挖会产生诱发因素，由于下游为双河电站库区，故采取治理措施，护岸工程 197 万元，作为灾害可能损失。

3. 地质环境污染损失

本工程环境污染环节主要有施工期的粉尘、废渣、噪声污染和以后废渣堆放场可能产生的污染。根据设计报告废渣堆放场为零散堆放，又非矿石废渣污染很小；施工现场“三废”污染，受影响的主要是施工人员，完工后自然消失。施工现场污染损失按施工人员年均 10 天/人休息恢复体力计算，一年按 360 天计算，人均年工资 1800 元，则污染损失为 15.76 万元/年。施工期四年，根据不同施工期污染程度差异，取两年，故总污染损失 31.52 万元。

4. 工程建设投资

鱼背山水电站工程总投资计 24963 万元。其中，坝 3179 万元，泄水建筑物 5002 万元，引水建筑物 861 万元，发电工程 3075 万元，防空泄水洞 581 万元，机电设备及金属结构 2365.45 万元，双河工程护岸工程 197 万元，房屋建筑物工程 240 万元，永久交通工程 95 万元，其他

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工程 1320 万元。

5. 工程建设运行费用

按单位装机容量年运行费用，本工程年运行费用 14.70 万元。

6. 工程建设经济效益

由设计报告可知，本工程其开发任务为发电，没有防洪，供水，灌溉，通航，漂木等综合利用要求，故其经济效益主要为发电效益，年利润 1831.33 万元，税金 149.3 万元。

7. 工程建设社会效益

本项目区域资源开发效益指由于电力的充足供应，使一定区域内的潜在资源得到了发挥，根据我国统计资料每 kW·h 电可增加总产值 2.91 万元，则每年区域资源开发效益 1118 万元，考虑计算的重复性，取 10%为 2111.80 万元。区域经济发展效益指由于水电项目的投资，在投资乘数的作用下带动了区域社会经济的发展，则区域经济发展效益为 35843 万元。防灾及环保效益指由于工程进行库区护岸工程，避免了双河水库泥砂淤积，根据年均泥砂数量，参考淤积输浚成本费用，得防灾及环保效益为 280 万元/年。另外，本工程的实施扩大了本地区的对外交流，改善了区域投资环境。

8. 工程建设移民安置效益

本工程施工期高峰工人数 3153 人，运行期用工人数取建设期的 10%，人均工资 1800 元/年，则建设期年安置效益 567.54 万元，生产期年安置效益 56.754 万元，间接安置效益取直接安置效益约 200%。

由以上计算过程可得各指标计算结果如表 8-4。

表 8-4 各指标计算结果表

指 标 名 称	指标值/万元	备 注
地质环境资源损耗	3141.06	基建期 4 年，经营期 50 年
地质环境灾害损失	311.48	
地质环境污染损失	31.52	
工程建设投资	24963.00	其中防灾及环保投资 197 万元
工程建设运行费用	8893.80	其中防灾及环保费用 70.19 万元
工程建设经济效益	99031.50	
工程建设社会效益	156553.00	其中防灾及环保效益 15120 万元
工程建设移民安置效益	15323.58	

（三）分析评价

根据以上分析计算结果，利用上述平价模型，可以计算出鱼背山水电站工程地质环境质量综合经济损益度 $E_1=0.0129$；鱼背山水电工程投资经济损益度 $E_2=0.1378$；鱼背山水电工程防灾及环保方案投资经济损益度 $E_3=0.0177$。

由以上计算结果可以看出，本水利水电工程对地质环境质量的影响作用是正效益远大于负效益，对地质环境质量的损害较小；从工程投资经济损益度可知，在考虑环境资源消耗核算基础上的工程项目，其效益仍大于费用，说明是可行的；从工程配套的防灾降损投资经济

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

损益度来看，说明本配套方案投资效果明显，其值 0.0177<0.1378，表明运用于环境保护和治理方面的投资，其潜在收益远远大于项目本身的投资收益率，这将使各部门运用于防灾与环保的投资由强制到主动，调动各部门的环保积极性，增强环保意识。

三、库区规划水利水电工程的总体评价

（一）类比因素及权重的确定

在以上典型水利水电工程分析研究的基础上通过选择多个不同的类比因素，对库区内规划建设的中小型水利水电工程进行类比研究。通过对地质环境各因素的影响类型、机理及影响程度分析，确定开发类型(水库、发电或电库合一)、开发规模(对水库为库容，对电站为装机容量)、建设投资、地质环境灾害背景、地质环境污染背景、社会经济状况作为主要类比因素，并确定各因素对总体工程就地质环境质量增效和损耗重要性权重(详细过程见第七章)，各因素权重结果见表 8-5。

表 8-5　各类比因素相对重要性权重表

结　果	类　比　因　素					
	开发类型	开发规模	建设投资	地质环境灾害背景	地质环境污染背景	社会经济状况
效　益	0.20	0.33	0.20	0.13	0.07	0.07
费　用	0.13	0.13	0.07	0.33	0.27	0.07

（二）指标的类比和计算

根据上述综合类比评价模型，可计算得区域水利水电工程各指标评价计算结果(具体过程参见第七章)如表 8-6 所示。

由以上评价结果可得库区各县水利水电工程地质环境质量综合经济损益度平均值(表 8-7)，反映库区各县水利水电工程建设对地质环境质量的影响程度，具体情况见图 8-4、8-5。

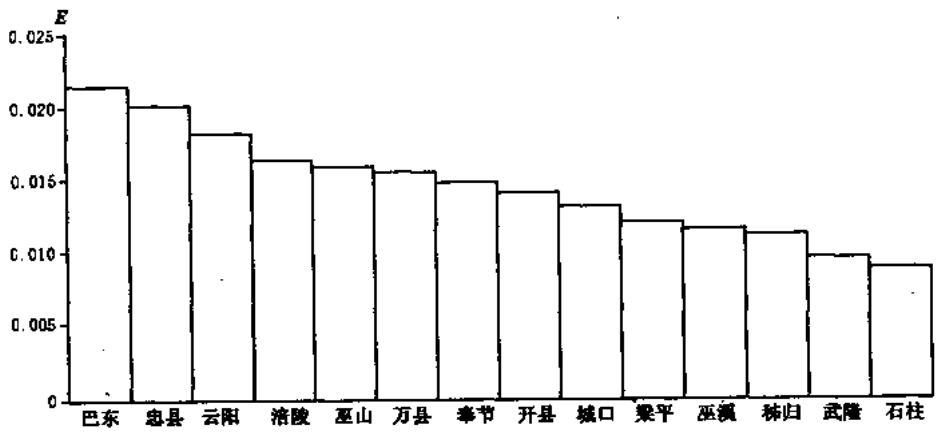


图 8-4　库区水利水电建设地质环境质量影响程度(E)直方图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 8-6　综合经济评价结果表

电站名称	县名	$V_{t1}\cdot B^T/V_{01}\cdot B^T$	$V_{t2}\cdot A^T/V_{02}\cdot A^T$	K_t	E_t
升坪电站	秭归	0.483	0.681	0.709	0.0091
响水洞电站	秭归	0.319	0.317	1.006	0.0130
棋盘岭电站	秭归	0.278	0.216	1.287	0.0166
天龙电站	秭归	0.278	0.216	1.287	0.0166
老龙洞电站	秭归	0.278	0.216	1.287	0.0166
夹石冲电站	秭归	0.278	0.216	1.287	0.0166
玄武洞电站	秭归	0.278	0.216	1.287	0.0166
峡门口电站复建	巴东	0.456	0.277	1.646	0.0212
鱼背山电站	万县	1	1	1	0.0129
双河电站二期	万县	0.971	0.924	1.051	0.0135
赶场电站	万县	0.971	0.842	1.153	0.0149
红花电站	开县	0.552	0.603	0.915	0.0118
关面电站	开县	0.483	0.440	1.098	0.0141
双河口电站	开县	0.552	0.603	1.915	0.0118
土龙电站	开县	0.510	0.503	1.014	0.0131
坪坝电站	城口	0.539	0.567	0.950	0.0122
油房电站	城口	0.498	0.467	1.066	0.0137
眉引河电站	奉节	0.649	0.554	1.171	0.0151
茅草坝电站	奉节	0.703	0.654	1.074	0.0138
柏林坡电站	奉节	0.610	0.442	1.380	0.0178
天井峡电站	奉节	0.732	0.730	1.003	0.0129
羊平岩电站	忠县	0.776	0.514	1.510	0.0195
方家河电站	忠县	0.761	0.476	1.592	0.0205
沙沱电站	云阳	0.622	0.467	1.332	0.0172
当阳电站	巫山	0.539	0.429	1.256	0.0162
火烧电站	巫溪	0.361	0.391	0.923	0.0119
大河电站	巫溪	0.361	0.391	0.923	0.0119
竹丰电站	梁平	0.361	0.404	0.835	0.0108
跳岩河电站	石柱	0.475	0.749	0.638	0.0082
石板水电站	石柱	0.415	0.749	0.554	0.0071
青烟洞电站	涪陵	0.606	0.467	1.297	0.0167
木棕河电站	武隆	0.346	0.505	0.685	0.0088
金家坝电站	武隆	0.346	0.505	0.685	0.0088
竹丰水库	梁平	0.400	0.491	0.814	0.0105
咸池水库	云阳	0.718	0.692	1.037	0.0134
桥亭水库	万县	0.917	0.842	1.089	0.0140
狮子头水库	万县	0.780	0.516	1.511	0.0195
董家水库	万县	0.807	0.579	1.394	0.0180
上游水库	开县	0.467	0.403	1.159	0.0149
烂泥沟水库	开县	0.454	0.364	1.247	0.0161
大材水库	忠县	0.784	0.476	1.647	0.0212
杨家坝水库	忠县	0.784	0.476	1.647	0.0212
小黑潭水库	梁平	0.303	0.265	1.151	0.0148
紫荆水库	云阳	0.581	0.366	1.587	0.0205
花果水库	云阳	0.581	0.366	1.587	0.0205
大坝水库	云阳	0.608	0.423	1.407	0.0181

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 8-7　库区水利水电工程地质环境质量损益综合经济评价结果

县　名	评　价　值 E	级　别	备　　注
秭归	0.0114	Ⅲ	Ⅰ：工程建设地质环境质量影响大 Ⅱ：工程建设地质环境质量影响较大 Ⅲ：工程建设地质环境质量影响较小 Ⅳ：工程建设地质环境质量影响微弱
巴东	0.0212	Ⅰ	
巫山	0.0162	Ⅱ	
巫溪	0.0119	Ⅲ	
云阳	0.0179	Ⅱ	
奉节	0.0149	Ⅱ	
万县	0.0155	Ⅱ	
开县	0.0136	Ⅲ	
忠县	0.0206	Ⅰ	
城口	0.0129	Ⅲ	
梁平	0.0120	Ⅲ	
涪陵	0.0167	Ⅱ	
石柱	0.0077	Ⅳ	
武隆	0.0088	Ⅳ	

（三）评价结果分析

从以上计算结果可以看出，库区水利水电工程 地质环境质量影响总表现出以下几个特点：

(1)总体表现出对库区地质环境质量影响不大，综合经济损益值在 0.0077～0.0212 之间，最大为巴东县，最小为石柱县。

(2) 根据其相对影响程度大致可以分为四个等级：

Ⅰ级：$E \geqslant 0.0200$，表现为工程建设对地质环境质量影响较大。属于Ⅰ级的有巴东、忠县。

Ⅱ级：$0.015 \leqslant E < 0.0200$，表现为工程建设对地质环境质量影响较大。属于Ⅱ级的有云阳、涪陵、巫山、奉节、万县。

Ⅲ级：$0.0100 \leqslant E < 0.0150$。表现为工程建设对地质环境质量影响较小。属于Ⅲ级的有秭归、巫溪、开县、城口、梁平。

Ⅳ级：$E < 0.0100$，表现为工程建设对地质环境影响微弱。属于Ⅳ级的有石柱。武隆。

(3) 从影响大和较大的分布区域可以看出，主要分布于沿江两岸，而且是地质灾害(如滑坡)相对比较集中，活动比较频繁的地区。这说明造成对地质环境损耗较大的原因不是由于污染(因为水库的污染比较小)而是由于工程可能诱发的一系列地质灾害。

(4) 在工程的规划和施工过程中，必须要做好以下三方面工作，以尽量减少工程对地质环境的损耗。①在工程规划过程中，必须对预定工程区进行详细的工程地质勘查和地质环境

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

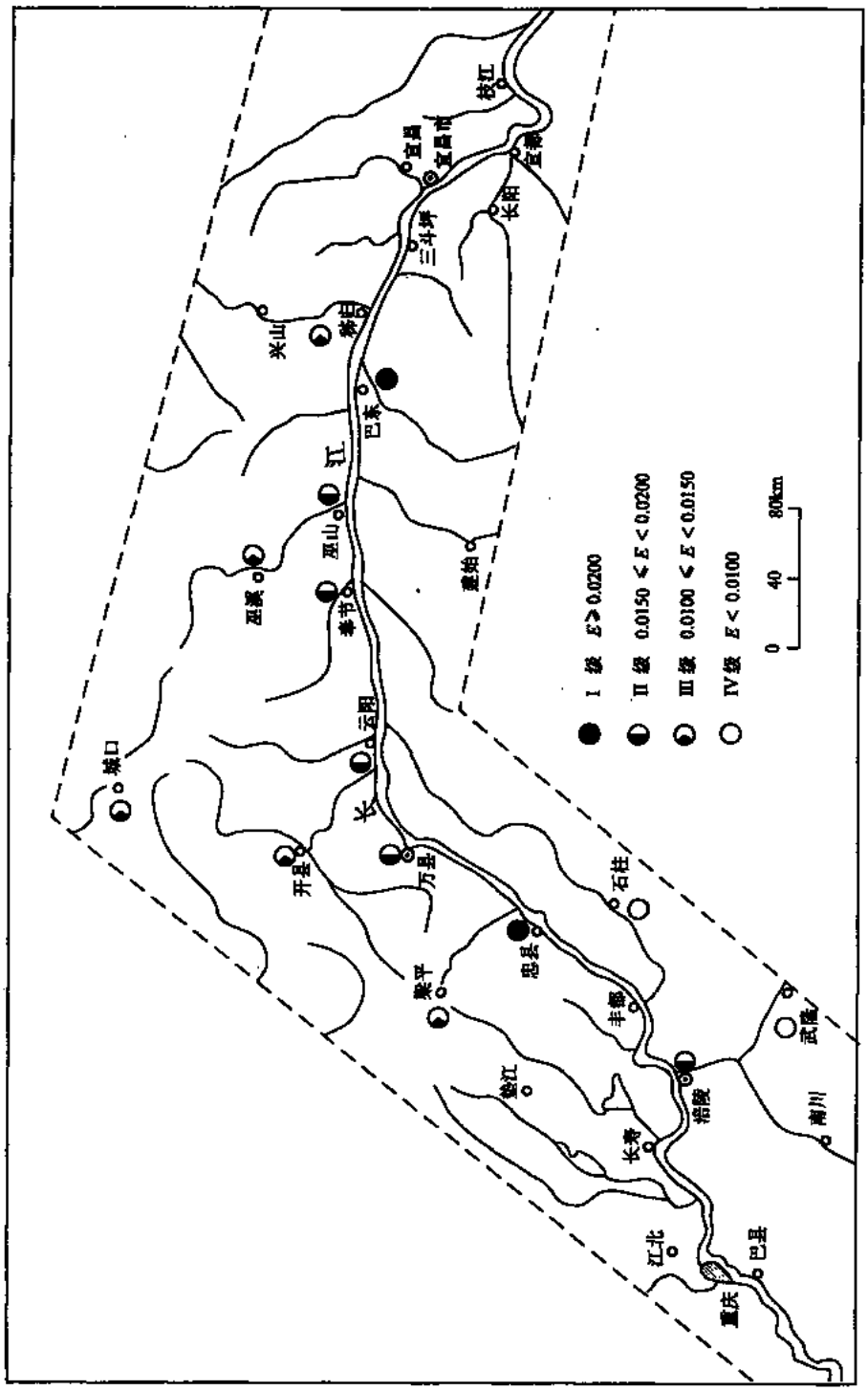


图 8-5 长江三峡工程库区水利水电工程地质环境质量损益示意图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

灾害的调查。②尽量实现规划工程的多效益，提高工程的综合效能。③工程规划中必须体现出防灾降损配套工程的合理性，加强对地质环境的保护。

第四节　水利水电工程地质环境降损对策研究

通过以上对水利水电工程建设运行过程中与地质环境相互作用以及主要作用因素、作用强度的分析，就库区未来水利水电工程建设地质环境降损对策提出以下几方面建议：

一、工程规划和设计方面

(1) 工程的规划和设计必须建立在对工程区工程地质、水文地质、构造条件等区域地质环境特征进行详细调查研究的基础上，保证工程的环境基础最佳。以往的工程建设中，造成库区水渗漏，水库不能发挥正常效益，多数是由于没有搞清工程地质条件的结果。

(2) 工程的规划和设计尽量要实现流域的梯级开发。如磨刀溪梯级开发，九盘河梯级开发等，这样可以使各梯级工程相互协调，形成对整个流域水能、水资源的开发系统，发挥整体开发效益。

(3) 工程的规划和设计要尽量实现工程的多功能性。如发电、供电、灌溉、防洪、养殖、通航以及漂木等功能，充分利用地区水资源、充分发挥工程投资效益。

二、工程的建设和施工方面

(1) 工程的建设施工过程中，要注意减少对环境的干扰。如开挖边坡、爆炸震动、粉尘噪声污染以及废渣的堆放等环节，减少对地质环境灾害的诱发因素。

(2) 工程建设施工过程中，必须严格按设计操作，保证工程质量，以往工程中造成库水渗漏，不能正常蓄水，部分原因是由于施工质量造成。

三、防灾及环保方面

(1) 库区水利水电建设必须搞好水土保持工作。

库区水利水电工程的环境地质问题主要是泥砂淤积，它是导致地质环境质量下降的主要因素。因此，要贯彻“以防为主，防治结合”的方针，充分利用各方面投资，提前投入，超前治理。

(2) 实行工程施工与防灾环保方案相配套的原则，在工程建设过程中，对工程区内的滑坡、崩塌以及未来库区可能的库岸再造地段进行综合治理，寓环境治理于工程建设之中。

(3) 作好工程区地质灾害的预测、普查工作，充分掌握地质灾害的种类、分布、规律、强度及活动情况，采取各种有效措施，实现灾害的防治和控制。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第九章　三峡库区交通建设工程地质环境质量损益经济评价

第一节　交通建设工程评价研究的环境背景

一、库区交通建设现状及存在的环境地质问题

（一）库区交通建设现状

库区交通主要以长江航运和支流的水运为主，公路及铁路比较落后。据1985年统计，库区通车公路约为25000 km。公路密度远远低于四川、湖北的其他地区，而且公路级别低，多为乡村人行大道，每公里年货运量仅为四川省的1/11，全国的1/18。铁路运输只在重庆地区有成渝线、襄渝线及川黔线通过。长江干流是本区主要的运输通道，目前常年通航由1000～1500 t驳船组成的3000 t级船队，沿江码头年吞吐能量有了很大提高。万县、涪陵、奉节三港的吞吐能力已达到100万t以上；长寿、丰都两港可达50～100万t；10～50万t港已达12个，5～10万t级已达22个，随着国民经济的发展，特别是三峡工程的建设和运行，将大大促进库区经济的发展，预计到2030年，沿江下水运输能力将由现在的1000万t增到5000万t。因此结合三峡工程和库区移民，加速发展库区交通是非常必要的。

（二）存在的环境地质问题

库区多属中低山地区，山高坡陡，地质条件复杂，沟谷切割深、密度大，岸坡卸载裂隙发育，地质灾害较多，已有及预测拟建道路工程中常见的危害性环境地质问题有斜坡（边坡）失稳，隧道疏干地下水和洞顶坍塌，人工堆填形成的泥石流。内河航道中的危害性环境地质问题有崩滑体形成的涌浪、崩滑体和泥石流形成的险滩以及内河航道淤积等，这些灾害曾一度为道路建设和运行带来了严重的障碍。如1026年新滩滑坡曾使该段长江断航达21年；1982年云阳鸡扒子滑坡堵江耗资8000万元，进行综合治理才得以通航；著名的中梁山隧道工程全长近4 km，施工中发生涌水，全线贯通时涌水量达5.4万t/d，导致地表水井干枯，农田脱水，地表塌陷最大面积达400 m^2，深13 m，总面积达14 km^2，给当地的工农业生产及人民生活造成了重大损失。渝碚公路的牛角沱—化龙桥、红岩—土湾等路段，公路上方斜坡陡峭，雨季因崩塌滑落造成公路掩埋，有时还因岩块崩落造成砸毁车辆和人员伤亡事故。奉节—云阳公路的平皋至公平段修路削坡诱发滑坡达10余处，经二年整治才顺利通车。因此，在进行交通建设规划时，一定要在路线设计、工程施工及完工运行等各方面体现出避开原有地质灾害，不再诱发新地质灾害的原则，实现发展交通运输与保护地质环境的结合。

二、库区交通建设规划及对地质环境的影响

（一）库区交通淹没情况及交通建设规划

库区沿江城镇对内对外交通主要是依靠长江航道，故公路和铁路交通不很发达。据有关

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

部门统计，三峡工程兴建以后受回水淹没的路段、铁路约有12 km，公路网络由于沿江岸坡地质条件复杂，主要交通线一般都远离江边，因此，回水淹没公路一般都只在城镇附近的江边或渡口的某些地段，分布十分零星，每一段的长度大多数百米至几公里，整个三峡地区淹没公路总长度为1150km，岸边人行道在万公里以上，沿江被淹没或部分淹没的港站约40个。

库区交通的整体规划原则是：

（1）淹没公路的复建；

（2）移民迁建的需要；

（3）服务于三峡工程；

（4）经济发展的要求。

库区交通的整体规划仍然是以长江水运为主干，水运、铁路、公路并举的运输格局。水库蓄水后，长江航运能力将大大的提高，可以通行万吨级货轮，而且可以直接入海。陆路交通主要以长江航运为依托，密切配合陆路，提高道路的等级和运输能力，在铁路方面拟建湖北宜昌—三斗坪的铁路，作为三峡工程建设专用线；四川达县—万县铁路是四川成达铁路向东部的延伸；四川南川县—涪陵铁路是重庆南桐煤矿铁路向东部的延伸。在公路方面，继续抓好国道、省道干线和大中城市进出口公路的改造，结合新的移民规划，新建部分联网路、断头路、旅游路、资源路、扶贫路。涉及库区的主要国道有由重庆向外延伸的成渝、汉渝、川黔干线；省道中主要有邻水至忠县、达县—梁平—忠县—石柱—彭水，城口—万县、开县—巫山—奉节等，县与县、县与乡镇之间的公路主要以国道为骨干，县城为中心联接县乡及港口码头。库区交通将形成以长江航运为依托，国道、省道为干线，城市、县、乡为中心的航运、铁路、公路并举的交通网络。

（二）交通建设与地质环境之间的关系

交通建设与地质环境间的关系包括两个方面：一方面是地质环境对交通建设的适宜程度，另一方面是交通建设对地质环境的影响。三峡库区的矿产资源特别是非金属建筑材料很丰富，这无疑为交通工程的建设带来了方便；同时，库区山高坡陡，沟谷纵横，工程地质、水文地质条件复杂，地质灾害频繁，属全国地质灾害发育程度较强的地区之一，这又为交通建设带来了诸多不便，增大了建设投资和工程难度，影响和制约着库区交通建设的发展。从工程建设来看，交通工程建设的实施和运行将会给地质环境带来很大的影响，一方面交通运输网络虽然是人类工程的产物，但它本身又是制约地质环境质量的重要因素，直接影响着地区地质环境质量的高低。而且交通建设的发展会大大促进本地区防预和治理各种地质灾害的能力。但是不能否认交通建设的发展也会为本地区带来一定的负作用。例如，工程建设诱发滑坡、崩塌、泥石流、塌陷等地质灾害；交通工程的建设和运行也会消耗大量的资源并产生土壤、水、空气和噪声污染，直接影响地质环境的质量。这就要求我们必须从正负两个方面来具体分析交通建设工程对地质环境积极的增效作用和消极的负作用，以便采取积极措施，不断提高地质环境质量。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第二节　交通建设工程地质环境质量损益经济评价指标体系及模型的建立[27]

一、评价指标体系的建立与计算

所谓环境质量都是相对于一定的主体而言的，以人为主体，以人类工程活动为对象的地质环境质量，则应以对人类社会经济活动带来的积极的有利条件和消极的不利因素来衡量，如是否具备人类社会经济发展所必须的丰富的高质量的各种资源；有没有适合人类工程建设良好的工程地质条件和水文地质条件；有无限制人类经济活动的地质灾害及其发育强度等。因此，确定一个地区地质环境质量的高低，必须以人类工程开发活动为出发点来具体分析构成地质环境质量各要素的优良程度。

交通建设本身就是构成社会经济发展水平的重要因素。一个地区社会经济发展水平的高低其主要标志就是交通、通讯、邮电等基础设施的好坏。因此交通建设工程同其他工程建设项目不同，它不单纯是对地质环境资源的开发利用，而是改变地质环境要素的构成，在工程建设和运行过程中使地质环境各要素的质量发生消涨变化，从而改变了地质环境质量的构成。地质环境与交通建设工程之间的关系如图 9-1。因此，研究交通建设工程对地质环境质量的

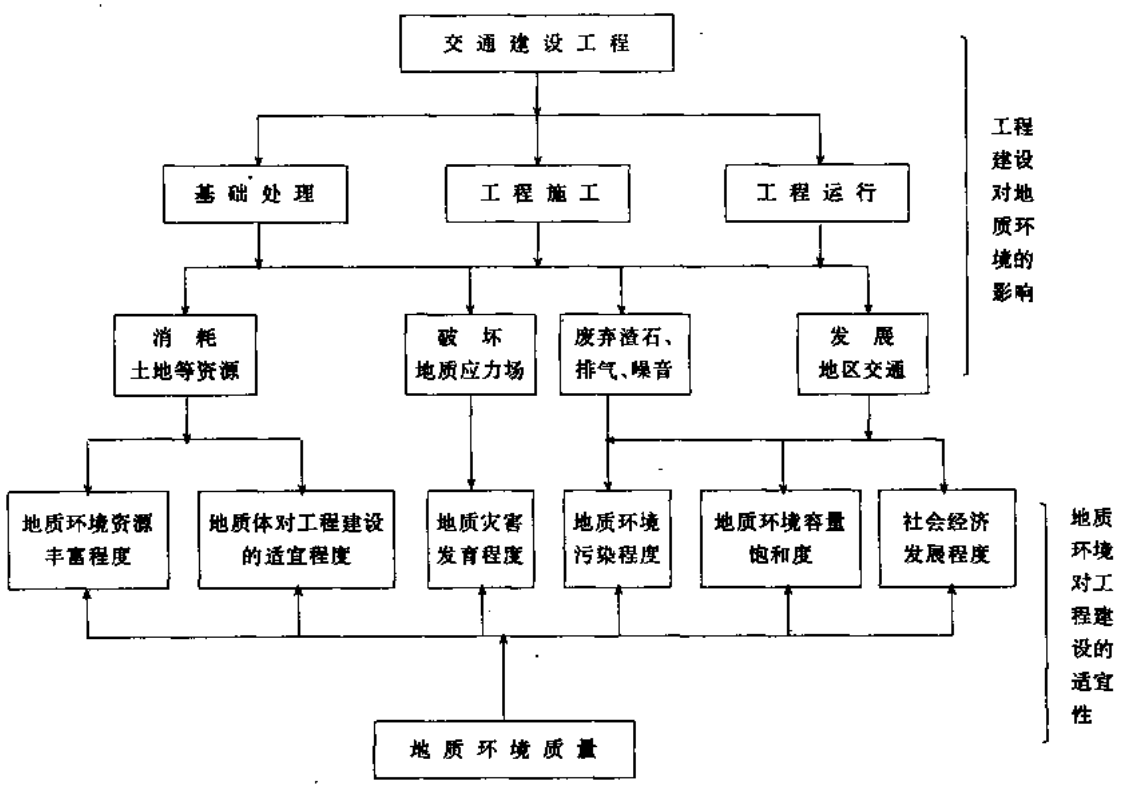


图9-1　交通建设工程与地质环境质量相互关系

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

损益，就是分析交通建设工程的建设和运行对地质环境各要素的消长情况，分析其对环境资源的消耗程度对环境污染和环境灾害的恶化程度以及对环境质量的提高程度来确定其对地质环境质量的损益(表 9-1)。

表 9-1　交通建设工程地质环境质量损益经济评价指标体系

一　级	二　级	三　级	四　级
地质环境质量损益综合经济评价指标	地质环境风险经济指标	地质环境灾害损失	滑坡灾害损失 泥石流灾害损失 崩陷及地表水疏干灾害损失 岸坡失稳灾害损失 水土流失灾害损失 河道淤积灾害损失 其他地质灾害损失
		地质环境污染损失	废气污染损失 噪声污染损失 废液污染损失 废渣污染损失
	地质环境影响经济指标	地质环境资源消耗	矿产资源消耗 土地资源消耗 水资源消耗 旅游资源消耗 草场资源消耗 其他他资源消耗
		规划交通工程折合值	河道航运工程折合值 铁路工程折合值 公路工程折合值 港站码头工程折合值 车船维修点工程折合值
		工程建设经济效益	直接经济效益 间接经济效益
		工程建设社会效益	区域社会影响效果 区域开发效果 区域对外联系效果 其他社会效果
		工程建设安置效益	直接安置效益 间接安置效益

根据以上评价指标体系，结合实际资料的详细程度及评价项目的特点，本项目直接对三级指标进行计算，计算方法和公式如表 9-2。

交通建设工程是构成地质环境质量的主要组成部分，因此其效益更重要的是社会效益。基于社会效益分析评价的复杂性，在具体的评价研究过程中，采用不同的方法和措施尽量实现指标的定量分析，使项目的评价更具合理性。交通建设社会效益分析评价方法及计算公式见表 9-3。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 9-2　评价因子指标值计算公式一览表

评　价　因　子	指标值计算公式	符 号 及 含 义
地质环境灾害损失(X_{11})	$X_{11}=\frac{A_i \cdot B_i \cdot S_{ij}}{S_i}$	X_{11}:单位面积地质灾害损失 A_i:i 单元内各类灾害数量 B_i:i 单元灾害经济损失预测值 S_{ij}:i 单元内交通建设消耗土地面积 S_i:i 单元面积
地质环境污染损失(X_{12})	$X_{12}=\frac{G_i \cdot K}{S_i}$	X_{12}:单位面积地质环境污染损失 G_i:单元内国民生产总值 K:交通污染损失占国民生产总值系数
地质环境资源消耗(X_{21})	$X_{2i}=\frac{\sum_{k=1}^{n} Q_k \cdot C_k}{S_i}$	X_{21}:单位面积环境资源消耗 Q_k:第 k 类资源消耗量 C_k:第 k 类资源单价
规划交通工程折合值(X_{22})	$X_{22}=\frac{\sum_{k=1}^{n} (I_k+P_k)}{S_i}$	X_{22}:单位面积交通工程折合值 I_k:第 k 类工程投资额 P_k:第 k 类工程维护费用
工程建设经济效益(X_{23})	$X_{23}=\frac{\sum_{k=1}^{n} (\alpha_k+\beta_k)}{S_i}$	X_{23}:单位面积交通工程经济效益 α_k:第 k 类工程直接经济效益 β_k:第 k 类工程间接经济效益
工程建设社会效益(X_{24})	$X_{24}=\frac{\sum_{k=1}^{n} (U_k+V_k+W_k+Y_k)}{S_i}$	X_{24}:单位面积社会效益值 U_k:第 k 种工程区域社会影响效果 V_k:第 k 种工程区域资源开发效果 W_k:第 k 种工程区域对外联系效果 Y_k:第 k 种工程区域其他社会效果
工程建设安置效果(X_{25})	$X_{25}=\frac{\sum_{k=1}^{n} (R_k+T_k) \cdot C_k}{S_i}$	X_{25}:单位面积移民安置效益 R_k:第 k 类工程直接安置人员 T_k:第 k 类工程间接安置人员 C_k:当地人均年收入

二、确定综合评价模型

根据上述评价指标体系可以看出，交通建设工程地质环境质量损益经济评价是一个多目标的综合评价过程，我们既希望工程建设消耗尽量少的资源，尽量少地造成环境污染和诱发地质灾害的发生。但同时更希望工程建设给地质环境带来尽量多的增值效益，提高地区交通运输效率。因此，为了能够用一个单指标来综合反映对地质环境的影响，往往采用加权的方法来进行指标处理，但这种加权的处理方法经常也带有主观性，影响最终评价结果的准确性和真实性，基于这种情况，我们采用密切值法来综合评价交通建设工程对地质环境质量的损益程度。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 9-3　交通建设工程社会效益分析计算一览表

分析指标	计算公式	符号含义
一、定量分析指标		
1. 区域社会影响效果	$U=B+Y$	U：区域社会影响效果 B：区域交通使用者获得的效益 Y：相关产业的经济增长
(1) 区域交通使用者获得的效益(B)	$B=B_{hj}+B_{kj}+B_{hy}+B_{ky}+B_{hd}+B_{kd}+B_{hs}+B_{ks}+B_{jsh}+B_{ssh}$	$B_{hj}(B_{kj})$：货物(旅客)运输成本降低效益 $B_{hy}(B_{ky})$：原有货物(旅客)减少拥挤运输成本降低效益 $B_{hd}(B_{kd})$：缩短里程节省的货物(旅客)运输成本 $B_{hs}(B_{ks})$：货物(旅客)节约在途时间效益 B_{jsh}：减少交通事故节约费用 B_{ssh}：减少货损事故节约费用
① 交通建设项目货物运输成本降低(B_{hj})	$B_{hj}=(C_{hw}-C_{hy})Q_{hk}$	C_{hw}：货物原运输成本 C_{hy}：有项目时运输成本 Q_{hk}：货物周转量
② 交通建设项目旅客运输成本降低(B_{kj})	$B_{kj}=(C_{kw}-C_{ky})Q_{kk}$	C_{kw}：旅客原运输成本 C_{ky}：有项目时运输成本 Q_{kk}：旅客周转量
③ 新建交通项目比原有交通线减少拥挤效益(B_{hy}、B_{ky})	$B_{hy}=(C_{hw}-C_{hyy})Q_{hk}$	C_{hw}：原有相关线路货、客运输单位成本 C_{hyy}：有项目时原有相关线路减少拥挤的货、客运输成本 Q_{hk}：从原有相关线路转移到此项目的货、客周转量
④ 新建交通项目缩短运距运输成本降低(B_{hd}、B_{kd})	$B_{hd}=C_{hc}\cdot Q_{hdk}$ $B_{kd}=C_{kc}\cdot Q_{kdk}$	C_{hc}、C_{kc}：货客运输单位成本节约 Q_{hdk}、Q_{kdk}：货客运输量
⑤ 客货节约在途时间效益(B_{hs}、B_{ks})	$B_{hs}=\dfrac{P_r\cdot Q_{hk}\cdot I\cdot T}{(16\times 365)\cdot L}$ $B_{ks}=\dfrac{I_c\cdot Q_{kk}\cdot I\cdot T}{(8\times 365)\cdot L}$	P_r：计算年度在途货物平均价格 Q_{hk}：新建线路货运周转量 I：社会折现率 T：全程年节约小时数 L：线路全长 I_c：计算年度每一旅客国民收入份额 Q_{kk}：新建线路旅客周转量
⑥ 交通事故减少节约费用(B_{ph})	$B_{jsh}=P_{ph}\cdot(J_w-J_y)\cdot M_k$	P_{ph}：交通事故平均损失费用 J_w、J_y：有无项目时的事故率 M_k：车辆行驶辆(车·万 km)
⑦ 货物事故减少节约费用(B_{ssh})	$B_{ssh}=(S_w-S_y)\cdot Q_{hk}\cdot\dfrac{P_h}{L}$	P_h：计算年度在途货物平均价格 S_w、S_y：有无项目时货损率 Q_{hk}：货物总周转量 L：平均距离
(2) 相关产业经济增长	$Y=\dfrac{1}{1-a}\cdot I$	Y：相关产业国民生产总值增长 a：消费倾向系数 I：工程总投资
2. 区域资源开发效果	$V=\sum_{i=1}^{n}E_i$	V：区域资源开发效益 E_i：第 i 种资源开发效益
3. 区域对外联系效果	$W=A+B$	W：区域对外联系效果 A：新增外汇收益
(1) 新增外汇收益(A)	$A=\sum_{i=1}^{n}a_i$	B：新增的汇额 a_i：第 i 行业新增外汇收益
(2) 新增外资额(B)	$B=\sum_{i=1}^{n}b_i$	b_i：第 i 行业新增外资额

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

分析指标	说　　明
二、定性分析指标	
1. 改善区域经济结构	交通建设项目的实施促进了区域资源的开发，打破了地区单一经济结构和模式，使地区经济结构更趋合理
2. 促进区域科技、文化、教育和卫生保健事业的发展	(1) 促进文化教育的发展，受教育人数增加，教学质量提高； (2) 促进科学技术的传播，有助于生产力的提高； (3) 提供了医疗的方便性，有利于计划生育，提高人口素质和健康水平
3. 国土开发效果	交通运输的发展有可能引起生产力的变化和人口分布的变化，有助于改善地区发展不平衡性和减少生活水平差别
4. 促进民族团结，维护社会安定，抗御自然灾害	交通建设项目对于维护社会秩序，保持社会安定，防止和救助、减轻灾害都有其特殊的作用
5. 促进对外交流、增强国际威望	交通条件的改善不仅会促进国际经济、文化的交流，加速客货运输的周转，同时也会增进人民的了解和友谊，提高国际威望

密切值法就是将多个目标系统综合成一个能从整体上衡量地质环境损益优劣的单目标，从而确定各评价单元对地质环境质量损益的相对优劣程度的方法，具体评价过程和模型如下：

1. 选取评价指标及指标值的规范化处理

交通建设工程地质环境质量损益综合评价指标是由地质环境风险经济指标、地质环境影响经济指标二方面多个指标来反映的，各指标之间存在着复杂的相关关系，在众多指标中，有正向指标(指标值越大越好)和逆向指标(指标值越小越好)之分。为了统一，将逆向指标化为正向指标，则令：

$$b_{ij}=\begin{cases}C_{ij} & \text{当评价指标为正向时}\\ -C_{ij} & \text{当评价指标为逆向时}\end{cases}$$

式中　b_{ij}——指标的正向化结果；

C_{ij}——第 i 单元第 j 项指标。

对各评价指标进行规范化处理，令：

$$r_{ij}=\frac{b_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}b_{ij}}}$$

式中　r_{ij}——第 i 单元第 j 项指标的规范化值；

b_{ij}——第 i 单元第 j 项指标的原始值。

于是得到规范化指标矩阵：

$$R=\begin{array}{c} \\ A_1\\ A_2\\ A_3\\ \vdots\\ A_m\end{array}\begin{array}{c}\begin{matrix}W_1 & W_2 & W_3 & \cdots & W_n\end{matrix}\\ \begin{bmatrix}r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1n}\\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2n}\\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \cdots & r_{3n}\\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots\\ r_{m1} & r_{m2} & r_{m3} & \cdots & r_{mn}\end{bmatrix}\end{array}=(r_{ij})_{m\times n}$$

矩阵中，W_1，W_2，W_3，…，W_n 为评价指标；

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

A_1，A_2，…A_m 为评价单元。

2. 选取评价最优集和最劣集

根据各种评价单元各指标值的计算结果，提出各评价指标的最优值 r_j^+ 和最差值 r_j^-，则：

$$r_j^+ = \max\{r_{ij}\}$$

$$r_j^- = \min\{r_{ij}\}$$

根据各指标最优值和最差值即可确定出评价系统的最优集（最优状态 A^+）和最劣集（最差状态 A^-），即：

$$A^+ = (r_1^+, r_2^+, r_3^+, \cdots, r_n^+)$$

$$A^- = (r_1^-, r_2^-, r_3^-, \cdots, r_n^-)$$

3. 计算各评价单元的综合评价密切值

在上述分析计算的基础上，通过分析各评价单元指标值与最优状态和最劣状态的远近程度来确定评价单元的地质环境质量综合经济效益水平。

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(r_{ij} - r_j^+)^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(r_{ij} - r_j^-)^2}$$

令 $d^+ = \min\{d_i^+\}$，$d^- = \max\{d_i^-\}$

式中 d_i^+ ——各评价单元指标值与最大值的均方差；

d_i^- ——各评价单元指标值与最小值的均方差；

d^+ ——各评价单元均方差中的最小值；

d^- ——各评价单元均方差中的最大值。

则各评价单元工程建设地质环境质量综合经济损益密切值 ε_i 为：

$$\varepsilon_i = \frac{d_i^+}{d^+} - \frac{d_i^-}{d^-}$$

上式中，$d^+ \neq 0$，$d^- \neq 0$，$d_i^+ \geqslant d^+$，$d_i^- \leqslant d^-$，故：$\frac{d_i^+}{d^+} \geqslant 1$，$\frac{d_i^-}{d^-} \leqslant 1$，从而 $\varepsilon_i \geqslant 0$。

当 $d_i^+ = d^+$，$d_i^- = d^-$ 时，$\varepsilon_i = 0$，表示相对整个评价区域而言，i 评价单元地质环境质量损益程度最低。

当 $\varepsilon_i > 0$ 时，ε_i 越大，说明该评价单元地质环境质量损益程度越高。这样通过分析评价过程，就可得到库区各评价单元交通建设工程地质环境质量损益程度优劣顺序，从而确定工程建设过程地质环境保护和防灾降损地区，以保证整体效益最优。

第三节　交通建设工程地质环境质量损益经济评价

一、评价单元的划分

库区交通建设包括四种类型：公路、铁路，水运和航空运输。鉴于航空运输方式对库区地质环境质量影响的微弱性，故本次不作为研究内容；库区交通的新建和复建，按主要投资项目包括线路建设、港站码头建设和车船维修点建设。根据库区交通建设总体规划设想，未

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

来三峡工程移民区的交通布局体现出三个特点：①立足于长江主航道为骨干的鱼刺状运输格局；②以国道、省道、主要铁道干线为主的树枝状运输系统；③以市县为中心连接乡、村、镇的放射状交通网络。因此，为了能够全面地、完整地来评价这些交通网络的建设对地质环境质量的影响，评价单元的划分应遵循以下原则：

（1）以运输线路的级别作为划分区、亚区和单元的依据。如以国道、长江主航道、铁路作为评价区划分的依据；以长江主要支流和省级公路作为亚区划分的依据，以三级、四级、等外路、机耕路作为单元划分依据。

（2）以行政区划作为评价单元划分依据。由于交通运输项目的规划和建设，往往都以各行政区域自成体系，区域之间以主要干线相连。因此，行政区域的划分，亦可作为划分评价单元的依据。

（3）以道路影响范围作为划分依据。一定交通运输线路，无论对自然环境和社会环境，都具有一定的影响范围。因而其影响范围也就成了评价单元划分的依据。

（4）以地形地貌因素作为划分依据。地形地貌因素是影响和制约交通建设的重要因素。一定形式地貌特征，往往是交通建设工程规划的依据。因而也可作为评价单元划分的依据。

根据以上划分原则，三峡工程库区移民区交通建设地质环境质量影响分区按三级划分为区、亚区和单元。第一级主要依据库区总体规划格局、行政区划、地质环境影响范围；第二级根据重点规划的铁路、公路和水运干线，道路环境社会影响范围；第三级根据低级别分布较广的公路网路，结合行政区划、地质环境影响范围及地貌因素。据此整个移民区共划分为2个地质环境区，3个地质环境亚区和21个地质环境单元（图9-2）。

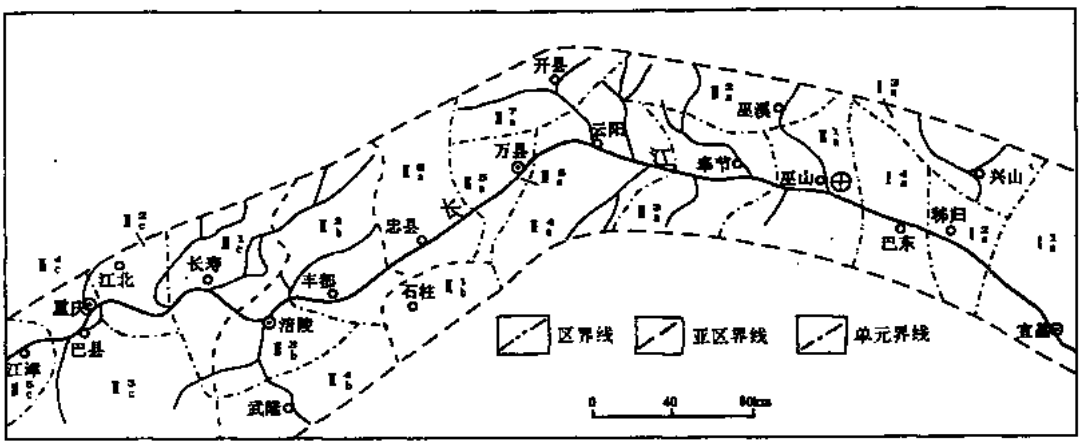


图9-2　长江三峡工程库区地质环境区、亚区、单元划分示意图

Ⅰa：宜昌地质环境亚区（包括兴山、秭归、巴东和宜昌四个地质环境单元）；Ⅰa：万县地质环境亚区（包括巫山、巫溪、奉节、云阳、开县、万县、万县市、忠县8个地质环境单元）；Ⅰb：涪陵地质环境亚区（包括石柱、丰都、涪陵、武隆4个地质环境单元）；Ⅰc：重庆地质环境亚区（包括长寿、江北、巴县、重庆、江津5个地质环境单元）

二、典型单元评价指标的计算

库区各地区交通建设规划进度不尽相同，有些地区尚无系统的规划报告。根据各单元交

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

通规划现状，资料的丰富程度和地质环境特征的代表性，本次研究确定巫山县为典型单元，并进行具体的分析评价指标的计算。

库区交通建设包括的种类比较多(水运、铁路、公路)，而且同一类型中还存在着不同等级水平。如公路有一级、二级、三级、四级和等外路之分(表 9-4)。这就给指标的计算带来了很大的困难，为了便于计算各种运输方式统一折算为某一级别公路长。计算方法采用替代法，将同一单元中规划的各种类型、各个级别运输方式，统一折算为某一运输方式的某一级别，计算出其折算后的路线长度，在具体计算时，应遵循以下原则：

(1) 公路级别折算方法按照交通部不同级别交通量标准进行折算，铁路运输和水运按其运输量和周转量占公路运输总量的比例进行折算。

(2) 运输量和周转量比较时，统一将旅客运输量和旅客周转量转化为货运量和周转量。转换关系：10 人＝1 t，10 人·km＝1 t·km。

(3) 在计算过程中，根据实际规划情况，统一确定折算为四级公路。

(4) 对于改建项目，只计算运输能力提高部分，水运项目以规划的客货码头吞吐量为折算依据。

表 9-4　公路各级别交通量分级标准

公路级别	一　级	汽车二级	二　级	三　级	四　级	等　外
交通量标准/辆	10000～25000	2001～7000	1001～2000	501～1000	200～500	＜200

根据以上计算方法折算，巫山交通规划总长为 2034 km。

典型单元各指标计算如下。

1. 地质环境灾害损失(X_{11})

地质环境灾害损失采用模数法，即根据巫山县内山地灾害统计资料及巫山县山地灾害普查中预测直接经济损失值。间接损失取直接损失的 10 倍，计算出境内单位面积(每 100 km^2 为单位)的灾害损失值，再结合境内交通规划折合公里长，求取交通工程占地面积(每公里取 22.5 亩，约为 0.015 km^2)。可得交通工程占地区域 内地质灾害经济损失值，再折为单元内单位面积灾害损失值。

2. 地质环境污染损失(X_{12})

交通运输主要的污染为汽车废气污染和噪声污染，另外还有站点、车船维修点，港口码头的废水污染以及工程施工中的废渣污染。根据有关统计资料，交通运输噪声和污染其每年损失的所谓社会费用约占国内生产总值的 0.5%，本指标计算取规划年国民生产总值的 0.5%。

3. 地质环境资源消耗(X_{21})

交通建设工程消耗的地质环境资源，主要有土地资源、草场资源、砂石、填料、水资源和少量林木资源。根据不同的情况分别进行计算：

(1) 工程建设中消耗的砂石、填料、水资源等主要反映在工程建设投资中的土木工程，可

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

按建设工程概预算中这些资源消耗所占工程造价比例计算，本次计算取 11%。

（2）土地资源、草场资源及林木是由于工程建设土地征用引起，土地资源消耗可按单元内不同土地类型构成或以每一类型土地的机会成本结合征地类型计算。本次计算取交通规划总投资的 4%。

4. 规划交通工程折合值(X_{22})

本指标是指规划路网的建成使用，增加了区域地质环境的基础设施效能，提高了地质环境要素中社会经济发展程度的质量，对地质环境质量是很重要的增效作用，计算中采用规划交通建设工程总投资来反映。

5. 工程建设经济效益(X_{23})

本指标反映了交通建设工程在建成运行过程中带来的经济效益，实际计算中按预测交通量收取养路费额来确定，每车公里 0.1 元。

6. 工程建设社会效益(X_{24})

交通建设工程的社会效益是其主要的效益内容，也是比较难计算的部分，评价中根据各部分社会效益的计价公式进行具体计算。结合库区实际情况，只计算其区域交通使用者获得的效益和相关产业经济增长。

7. 工程建设移民安置效益(X_{25})

工程建设移民安置效益，指由于交通建设工程的施工和运行所解决的社会就业效益，其中包括直接安置效益，即：交通建设施工中消耗的年人工数及建成运行过程中的护路年人工数，施工过程安置效益参考本地区一般公路建设情况取工程投资的 20%。道路维护三、四级每公里 2 人/年，工资水平 1800 元/人·年；间接安置效益指由于交通工程的建设和运行，所诱发的服务行业的安置效益，间接效益计算取直接安置效益的 200%。

通过以上计算过程，得巫山县交通建设工程地质环境质量损益济评价指标如下：

（1）地质环境灾害损失：　13 万元/100 km^2

（2）地质环境污染损失：　86 万元/100 km^2

（3）地质环境资源消耗：　280 万元/100 km^2

（4）规划交通工程折合值：　1868 万元/100 km^2

（5）工程建设经济效益：　14 万元/100 km^2

（6）工程建设社会效益：　25439 万元/100 km^2

（7）工程建设移民安置效益：1183 万元/100 km^2

三、库区交通建设工程地质环境质量损益综合经济评价

根据上述典型单元指标计算结果，结合库区各评价单元的实际情况，选择类比指标，并通过优序表法确定各类比指标在类比各评价指标的权重。通过具体的类比，确定各评价单元相对典型单元的类比系数(表 9-5)，通过类比系数，则可得评价单元指标值(表 9-6)。

根据综合评价模型对表指标值进行规范化处理，处理结果见表 9-7。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 9-5　库区各评价单元各指标类比系数结果

单元	指标						
	地质环境灾害损失/(万元/100 km²)	地质环境污染损失/(万元/100 km²)	地质环境资源消耗/(万元/100 km²)	规划交通工程折合值/(万元/100 km²)	工期建设经济效益/(万元/100 km²)	工程建设社会效益/(万元/100 km²)	工程建设安置效益/(万元/100 km²)
	类比系数						
宜昌	1.25	1.20	1.06	1.18	0.94	1.18	1.18
秭归	1.50	1.20	1.31	1.12	1.22	1.12	1.12
兴山	0.75	0.80	0.94	0.88	0.83	0.88	0.88
巴东	2.25	1.40	1.25	1.18	1.17	1.18	1.18
巫山	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
巫溪	0.50	0.40	0.56	0.59	0.50	0.59	0.59
奉节	2.50	1.40	1.56	1.47	1.44	1.47	1.47
云阳	2.25	1.20	1.69	1.47	1.50	1.47	1.47
万县市	2.00	1.00	0.94	0.88	1.05	0.88	0.88
万县	2.50	1.40	1.19	1.18	1.17	1.18	1.18
开县	2.50	1.20	1.50	1.41	1.44	1.41	1.41
忠县	2.00	0.80	0.94	0.82	0.89	0.82	0.82
石柱	0.75	0.60	0.75	0.76	0.67	0.76	0.76
丰都	1.50	1.40	1.25	1.18	1.17	1.18	1.18
涪陵市	1.50	1.40	1.50	1.35	1.39	1.35	1.35
武陵	0.50	0.40	0.69	0.65	0.55	0.65	0.65
长寿	0.75	0.60	0.69	0.65	0.61	0.65	0.65
江北	0.75	0.80	0.81	0.88	0.72	0.88	0.88
巴县	0.75	0.80	0.87	0.94	0.78	0.94	0.94
重庆	1.25	1.20	1.06	1.12	0.94	1.12	1.12
江津	0.75	0.80	0.69	0.88	0.78	0.88	0.88

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 9-6 评价单元各指标计算结果

单元	指标						
	地质环境灾害损失/(万元/100 km²)	地质环境污染损失/(万元/100 km²)	地质环境资源消耗/(万元/100 km²)	规划交通工程折合值/(万元/100 km²)	工期建设经济效益/(万元/100 km²)	工程建设社会效益/(万元/100 km²)	工程建设安置效益/(万元/100 km²)
	结果						
宜昌	16	103	297	2204	13	30018	1396
秭归	19	103	367	2092	17	28491	1325
兴山	10	69	263	1644	12	22386	1041
巴东	29	120	350	2204	16	30018	1396
巫山	13	86	280	1868	14	25439	1183
巫溪	6	34	157	1102	7	15009	698
奉节	32	120	437	2746	20	37395	1739
云阳	29	103	473	2746	21	37395	1739
万县市	26	86	263	1644	15	22386	1041
万县	32	120	333	2204	16	30018	1396
开县	32	103	420	2634	20	35868	1668
忠县	26	69	263	1532	12	20859	970
石柱	10	51	210	1419	9	19334	899
丰都	19	120	350	2204	16	30018	1396
涪陵市	19	120	420	2522	19	34342	1597
武陵	6	34	193	1214	8	16535	769
长寿	10	51	193	1214	9	16535	769
江北	10	69	227	1644	10	22386	1041
巴县	10	69	243	1756	11	23912	1112
重庆	16	103	297	2092	13	28491	1325
江津	10	69	193	1644	11	22386	1041

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 9-7　库区各单元指标规范化处理结果

单元	指标						
	地质环境灾害损失/(万元/100 km²)	地质环境污染损失/(万元/100 km²)	地质环境资源消耗/(万元/100 km²)	规划交通工程折合值/(万元/100 km²)	工期建设经济效益/(万元/100 km²)	工程建设社会效益/(万元/100 km²)	工程建设安置效益/(万元/100 km²)
	规范化结果						
宜昌	−0.178	−0.261	−0.216	0.254	0.203	0.254	0.254
秭归	−0.211	−0.261	−0.267	0.241	0.265	0.241	0.241
兴山	−0.111	−0.175	−0.191	0.189	0.187	0.189	0.189
巴东	−0.322	−0.304	−0.255	0.254	0.250	0.254	0.254
巫山	−0.144	−0.218	−0.204	0.215	0.219	0.215	0.215
巫溪	−0.066	−0.086	−0.114	0.127	0.109	0.127	0.127
奉节	−0.355	−0.304	−0.318	0.316	0.328	0.316	0.316
云阳	−0.322	−0.261	−0.344	0.316	0.344	0.316	0.316
万县市	−0.289	−0.218	−0.191	0.189	0.234	0.189	0.189
万县	−0.355	−0.304	−0.242	0.254	0.250	0.254	0.254
开县	−0.355	−0.261	−0.306	0.303	0.312	0.303	0.303
忠县	−0.289	−0.175	−0.191	0.176	0.187	0.176	0.176
石柱	−0.111	−0.129	−0.153	0.163	0.140	0.163	0.163
丰都	−0.211	−0.304	−0.255	0.254	0.250	0.254	0.254
涪陵市	−0.211	−0.304	−0.306	0.290	0.297	0.290	0.290
武陵	−0.066	−0.086	−0.140	0.140	0.125	0.140	0.140
长寿	−0.111	−0.129	−0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
江北	−0.111	−0.175	−0.165	0.189	0.156	0.189	0.189
巴县	−0.111	−0.175	−0.177	0.202	0.172	0.202	0.202
重庆	−0.178	−0.261	−0.216	0.241	0.203	0.241	0.241
江津	−0.111	−0.175	−0.140	0.189	0.172	0.189	0.189

由以上计算结果可知，最优评价集 $A^+=(-0.066,-0.086,-0.114,0.316,0.344,0.316,0.316)$，最劣评价集 $A^-=(-0.355,-0.304,-0.344,0.127,0.109,0.127,0.127)$。根据最优评价集和最劣评价集，计算各单元 d_i^+ 值和 d_i^- 值，在此基础上计算各单元综合经济密切值，此密切值即为各单元交通建设工程地质环境质量相对经济损益值，具体评价结果见表 9-8。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 9-8　库区各单元地质环境质量损益综合经济评价结果

单元	指标				
	标准值与最大值的均方差 d_i^+	指标值与最小值的均方差 d_i^-	d_i^+ 与最小值之比 $\frac{d_i^+}{d^+}$	d_i^- 与最大值之比 $\frac{d_i^-}{d^-}$	各单元损益比密切值 ε_i
	结果				
宜昌	0.291	0.327	1.043	0.762	0.281
秭归	0.322	0.302	1.118	0.704	0.414
兴山	0.297	0.342	1.064	0.797	0.267
巴东	0.392	0.278	1.405	0.648	0.757
巫山	0.279	0.326	1	0.768	0.240
巫溪	0.401	0.429	1.437	1	0.437
奉节	0.404	0.394	1.448	0.918	0.530
云阳	0.385	0.407	1.380	0.949	0.431
万县市	0.365	0.239	1.308	0.557	0.751
万县	0.409	0.280	1.466	0.652	0.814
开县	0.372	0.343	1.333	0.799	0.534
忠县	0.396	0.240	1.419	0.559	0.860
石柱	0.342	0.362	1.226	0.844	0.382
丰都	0.329	0.284	1.179	0.662	0.517
涪陵市	0.330	0.369	1.183	0.868	0.323
武陵	0.376	0.416	1.347	0.970	0.377
长寿	0.372	0.365	1.333	0.851	0.482
江北	0.309	0.349	1.107	0.813	0.294
巴县	0.287	0.287	1.028	0.823	0.205
重庆	0.300	0.321	1.075	0.727	0.348
江津	0.297	0.365	1.064	0.851	0.213

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、评价结果及综合经济评价图的编制

根据以上分析评价结果，可以编制出库区各单元综合经济评价直方图和库区各单元综合经济评价略图如图 9-3，图 9-4。

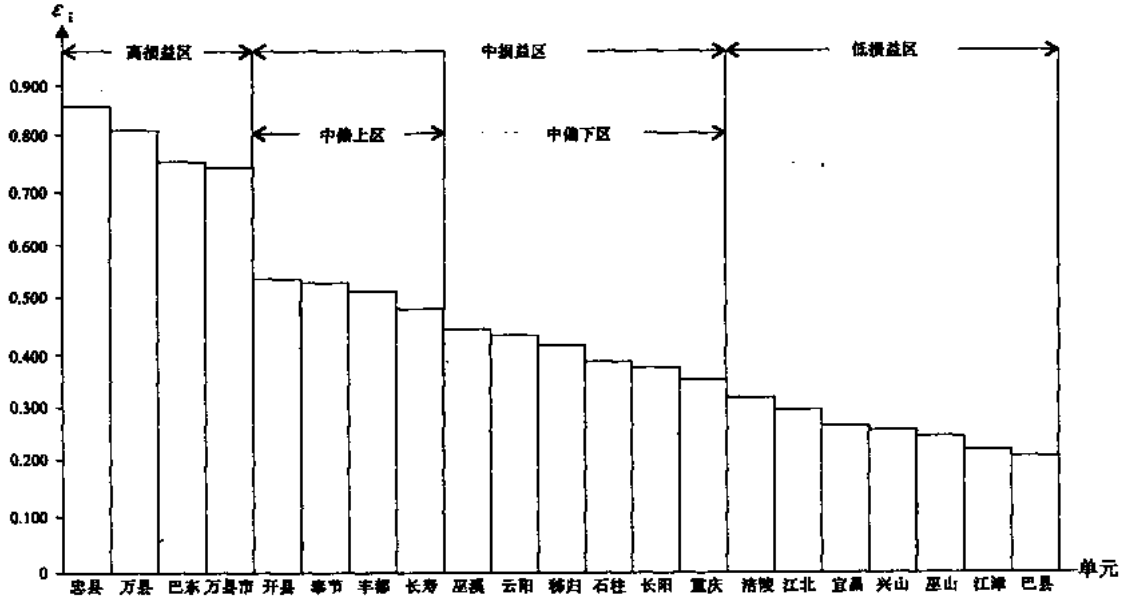


图 9-3　长江三峡工程库区交通建设工程地质环境质量损益综合经济评价(ε_i)直方图

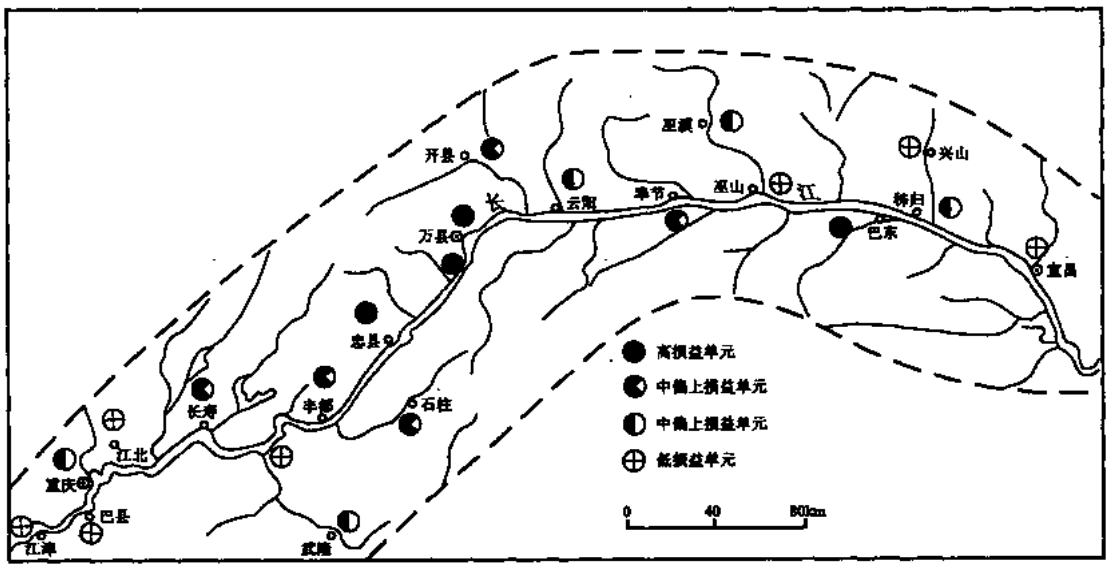


图 9-4　长江三峡工程库区交通建设工程地质环境质量损益示意图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

从以上综合经济评价结果和综合经济评价图可以得出以下结论：

（1）从总体上看，整个库区交通建设规划对地质环境质量的损益程度都比较低。即交通建设工程对地质环境的益大于损。但有些地区这种工程建设对地质环境的影响还是比较大的，因此，在工程线路设计、施工过程中要注意地质环境的保护，特别是要重视地质灾害的处理。

（2）库区各评价单元综合评价结果显示出，整个库区交通建设工程对地质环境质量的损益可分为以下四大区域：①高损益区。损益密切值为 0.750～0.900，包括巴东、万县市、万县、忠县；②中偏上损益区。损益密切值为 0.450～0.550，包括开县、奉节、丰都、长寿；③中偏下损益区。损益密切值为 0.340～0.450，包括巫溪、云阳、秭归、石柱、武陵、重庆；④低损益区。损益密切值为 0.200～0.340，包括涪陵市、江北、宜昌、兴山、巫山、江津、巴县。

（3）从以上各损益区的分布来看，高损益区、中偏上损益区主要分布在沿江两岸，与地质灾害比较发育的地区一致，也与经济发展比较高的地区一致。这说明造成损益密切值比较高的原因主要是由于工程建设对地质环境造成的污染以及诱发地质灾害引起。因此，这类地区在进行交通工程建设过程中要更加注意对环境灾害的防治和环境污染的治理。

第四节　交通建设工程地质环境质量增效降损对策研究

一、交通规划方面

库区的交通建设规划必须注意以下几个方面的问题：

（1）库区必须有一个宏观的总体规划，遵循由宏观格局到微观具体线路，由国道、主干道到乡镇连网的原则，保证整个移民区未来的交通网络更加合理，充分发展其运输效益。

（2）库区交通建设规划必须遵循开发性移民的原则，既要保证移民工程的需要，又要考虑移民区未来经济发展规划，做到远近结合，着眼未来。

（3）库区交通建设规划必须结合未来库区整体特点，突出以长江航运为主干道的运输布局。三峡工程建成后，万吨级货轮可以直达重庆，这将大大地增加长江航运的运输能力。因此，库区交通规划必须体现出以长江航运为依托，大中型港口为集散地，连接主要交通干线的格局。

（4）库区交通规划必须因地适宜，各种交通运输方式相互协调，以发挥整体运输效益。

（5）库区交通规划还必须同移民安置方式和地质环境开发方式相结合，修建旅游路、采矿路等。

（6）库区交通规划必须加强与相邻地区的联系，坚持以国道为主要联系方式，多种运输形式相补充，以不断扩大对外经济技术交流，促进本地区的经济发展。

二、地质环境保护与治理方面

（1）库区交通建设一定要重视地质环境的保护和防治，遵循工程设计与环保规划相一致，工程建设与环境治理相一致，工程维护与环境监测相一致，以尽量减少对地质环境的干扰，保证地质环境质量的不断提高。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(2) 在工程线路设计和施工之前必须进行沿线地质灾害的普查工作，摸清各处灾害的规模、强度和发生的可能性，采取避、让、护、治相结合的方法，降低地质灾害的发生频率，减少灾害损失。

(3) 必须重视沿线重大地质灾害的监测和管理工作，实现线、灾共管的原则，做到线路护理与灾害监测管理相一致，落实到具体的管理部门，及时提供有关灾情的变化信息，以消除灾害隐患。

(4) 加强沿线绿化和小流域治理工作，减少水土流失，减少河道码头的淤积。特别是未来水库蓄水后上游的港口、码头受影响很大，必须有充分的预测和治理规划。

三、地质灾害的管理方面[28]

长江三峡工程库区地质灾害很发育，是我国地质灾害最为强烈的地区之一，交通建设工程诱发滑坡、崩塌灾害比较明显，公路沿途崩塌损车伤人事故时有发生。因此，不但在交通运输工程设计和施工过程中，要注意地质灾害的调查，采取避、让、护、治相结合的方式，而且在工程建成投入运营后，也必须重视交通沿线地质灾害的系统管理，实现灾害调查、监测、灾情分析、灾情预测、灾害决策系统化。具体程序见图 9-5。

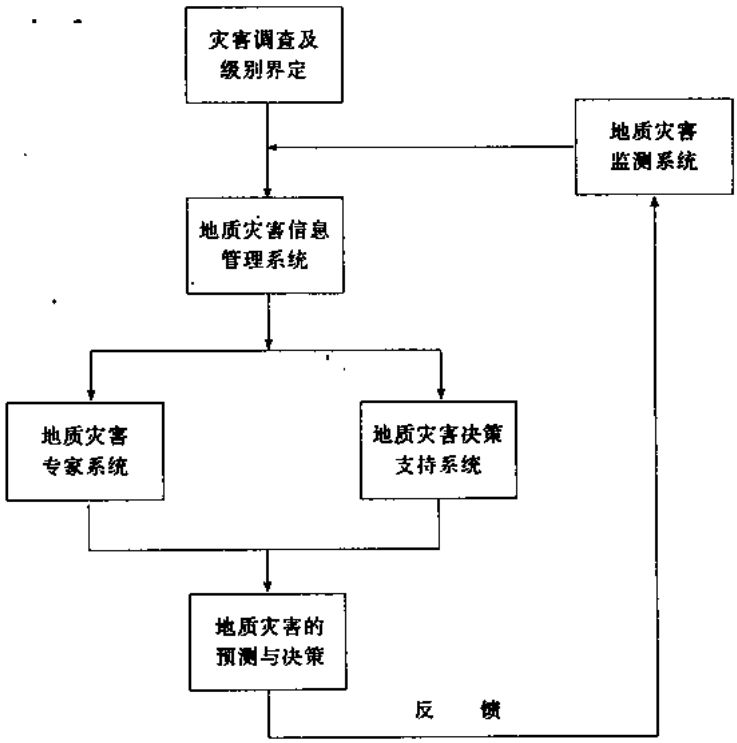


图9-5　地质灾害系统管理框图

1. 调查及级别界定

灾害调查包括交通线路设计施工之前调查和交付运营之前调查。了解灾害类型、发育程

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

度及灾害特征，并在调查研究的基础上结合灾害类型、灾害规模、发生概率大小，可能经济损失程度等因素，进行大、中、小级别界定以便实现不同管理。

2. 地质灾害监测系统

在线路的施工及运营过程中结合区域交通网络体系，实行沿线地质灾害系统监测，定期及时提供灾害演化信息资料，为灾害预测和决策提供第一手资料。

3. 地质灾害调查信息管理系统

根据灾害调查及灾害监测系统提供的信息，建立地质灾害信息库，并进行信息的分析、加工和处理，为灾害决策提供依据。

4. 地质灾害专家系统及地质灾害决策支持系统

依据灾害信息管理系统提供的分析资料，通过地质灾害专家系统和决策支持系统，分别进行灾害发展预测，并进行灾害防范、保护、治理以及确定合理治理程度和投资决策。由专家系统和决策支持系统相互验证、协调，实现决策的科学化和合理化，并通过监测系统完成灾害处理后灾情信息反馈，对地质灾害实行全过程管理。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第十章　三峡库区移民开发工程区域地质环境质量损益综合经济评价

通过以上章节对库区典型的移民开发工程(城市迁建、矿山开采、水利水电、交通工程)地质环境质量损益程度进行了经济评价，但库区的移民开发工程远非只有上述几种类型，还包括工厂迁建、农村移民等众多的开发工程，涉及到社会经济生活的各个行业和各个方面，构成了一个综合的、全方位的、多层次的社会经济开发系统。要求我们必须从综合的、全面的角度，对库区移民开发工程总体进行地质环境质量损益的经济评价。同时，以上典型工程的评价，只是单独考虑本项工程项目建设运行过程中对地质环境的影响程度，没有充分考虑各单项工程之间、各类开发工程之间，以及本地区原有工程活动之间对地质环境的偶合作用、各工程活动之间相互影响等会对地质环境的影响起到的消涨作用，这也要求我们必须充分考虑这种综合影响，进行各类型开发活动地质环境影响的综合评价。还有，以上各单项工程的区域地质环境质量损益的经济评价，只是从各单项工程出发来进行的，没有充分考虑社会经济总体开发活动对整个库区地质环境的影响程度，由于整个库区不同单元社会经济总体开发的规模、强度、作用程度是不同的，需要从库区总体区域出发，来综合评价这种移民开发活动对不同地质环境单元的影响程度。本章便是从整个库区评价区域出发，全面综合地评价库区移民搬迁对地质环境的影响。

第一节　区域地质环境质量损益经济评价的基本问题

一、评价研究的总体思路

长江三峡工程库区移民开发工程包含的类型很多，包括整个库区人民生产、生活和发展的各个方面，但从这些开发工程的特征来看，大致可划分为以下几种类型：

1. 面状开发工程

这类开发工程规模大，开发工程类型多，往往是对一定范围内地质环境的成片全面开发，因而对地质环境的干扰也很大，对地质环境的各种影响作用也很集中，往往会对一定范围内的地质环境产生重大的影响。如，城市迁建工程和农村移民工程。这些工程的实施，伴随着大量移民的生活设施建设，大批工矿企业的迁移，大片土地的开垦和大量工业及生活“三废”的排放。

2. 网状开发工程

这类移民开发工程在库区有代表性的就是交通建设工程，整个库区的交通建设工程，包括新建和复建；包括公路、铁路、水运乃至航空运输，这些不同类型的交通建设工程形成了一个遍及整个库区的交通网络。这类开发工程对地质环境的影响也比较大，虽然其分布的密度不会很大，但它影响的范围比较广，涉及到评价区域的各个单元，不像城市搬迁那样集中，

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表现为更多的分散性。

3. 线状开发工程

库区移民开发工程表现为线状的主要为重点的交通建设干线，如万县—达县铁路，南川—涪陵铁路。另外，长江主航道上的各主要支流上的水利水电梯级建设，多个水电工程在同一条河流上，相互联系，互有补偿，也常常形成线状开发工程，这类工程一般影响范围不大，相对区域总体来说，影响程度也比较小。

4. 点状开发工程

库区的点状开发工程主要为矿山开采工程，单个水利水电工程以及其他小范围内的开发工程。这类开发工程影响范围小，作用程度和作用类型也小，但如果是多个工程集中在一起，其影响作用也是很大的，如奉节县的煤炭资源开发，国有、集体、个体多家集中在一定的范围内，对当地的地质环境质量造成了很大的影响。

鉴于库区移民开发工程的复杂性，已形成了库区移民开发工程系统。进行区域移民开发工程地质环境质量损益的经济评价，实质上就是分析移民开发工程系统(社会经济系统)与地质环境系统之间的相互作用，分析社会经济发展使库区地质环境付出的代价，以及社会经济发展为地质环境质量提高带来的优越条件，从而为本评价区域社会经济发展和地质环境的保护和改善提供决策依据。因此，进行区域地质环境质量损益经济评价，必须从系统的角度出发，遵循图 10-1 的分析研究思路。

二、评价的基本原则

区域移民开发工程地质环境质量损益经济评价是一项十分复杂的工作，涉及的因素很多，影响范围也很广。为了保证评价过程的科学合理，评价结论的准确实用，评价过程中应遵循以下几个基本原则：

1. 全面性原则

长江三峡工程库区移民开发工程包括城市迁建、农村移民、矿山开采、水利水电工程、交通运输工程等众多的工程类型，涉及到社会生活的方方面面，工程作用规模大，对地质环境的影响强度大。这就要求我们在进行具体的分析评价时，必须坚持全面性原则，这种全面性包括评价工程类型的全面性，评价影响因素的全面性，评价指标的全面性，评价内容的全面性，以及评价结论的全面性。只有保证评价工作各个环节的全面准确，才能保证分析结果有说服力和参考价值。

2. 综合性原则

要求分析评价的全面性，并不是说评价中事无巨细全部进行研究，还必须要求评价工作的综合性。在以前各章中，分别对不同的典型工程进行了单项工程地质环境影响程度的分析，在进行区域地质环境影响经济评价时，必须把前述各项移民开发工程进行综合，从总体上来考核其建设和运行对地质环境的作用程度。同时，还要充分考虑各种工程活动类型之间的相互作用，导致对地质环境作用的叠加和放大，采用综合的分析方法，把其纳入分析研究的范畴。另外，分析评价的综合性，还要求分析指标和评价结果的综合性。由于移民开发工程地质环境质量损益经济评价研究，是一个多目标、多层次的分析评价过程，这样就必须把多个评价目标拟合成一个能从总体上反映评价结果的单指标，来综合反映评价区域地质环境质量的损益程度。因而，区域地质环境质量损益的经济评价，必须要用到一些综合的评价方法，如

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

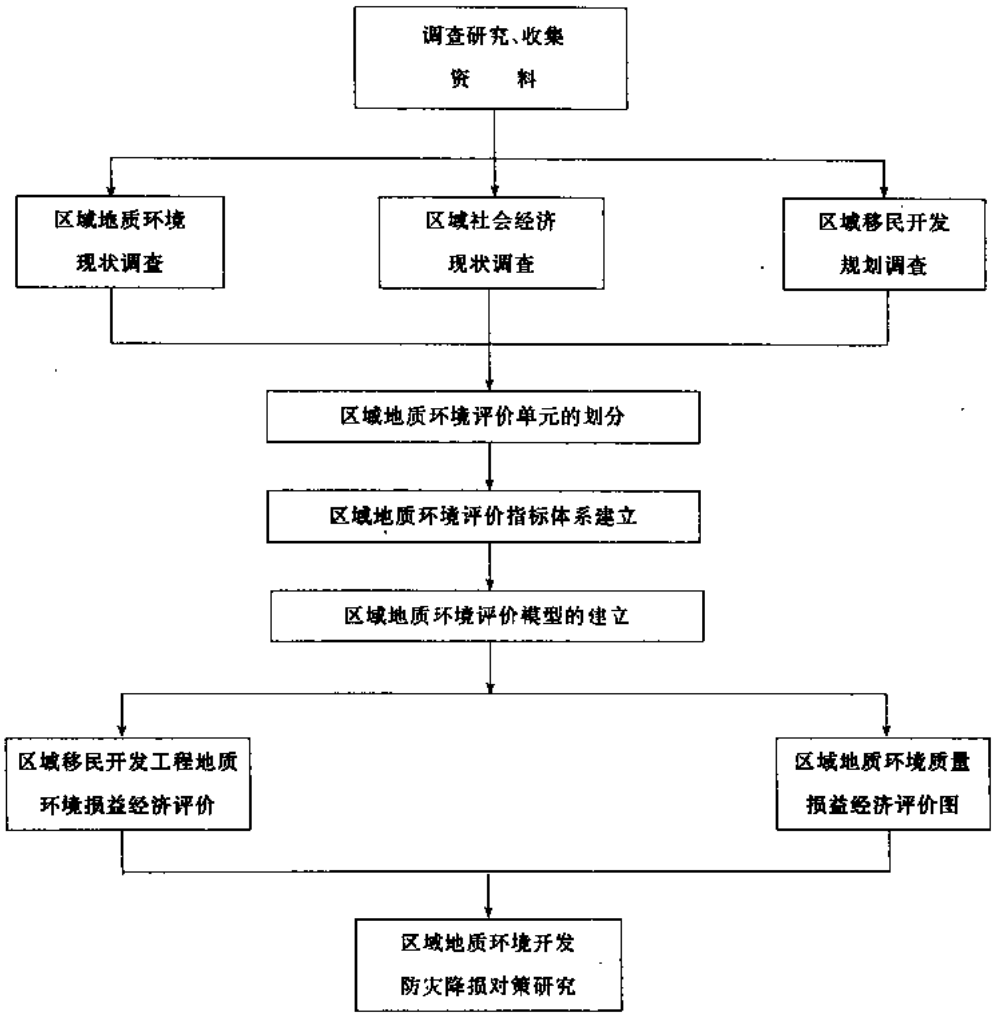


图10-1　区域移民开发工程地质环境质量损益经济评价框图

模糊综合评判法、层次分析法、灰色综合评判法、密切值法、多目标综合隶属度偏差法等等，以保证评价结果的综合性。

3. 宏观性原则

区域地质环境质量损益经济评价是从库区宏观总体上来评价库区移民开发工程的实施对地质环境的影响程度。整个库区评价区域总面积 30185 km^2，迁建移民 113.2×10^4 人，全迁或部分搬迁的县、市级城镇 13 座，乡镇级集镇 114 座，各类工厂、企业 1599 家，农村有 10 万余户搬迁建房；移民安置区面积约 1.5×10^4 km^2。如此大的开发工程，如此宽阔的评价区域，要求我们在评价中必须把握宏观，抓住评价工作的重点和主要问题，从宏观上来反映移民开发工程对地质环境的作用方式、作用途径和作用程度，反映地质环境的变化方向和质量水平。

4. 实用性原则

区域地质环境质量损益的经济评价是为区域地质环境的开发和保护决策服务的，因此，评价过程中必须保证实用性原则，这种实用性主要体现在以下几个方面：①评价指标的实用性、

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

即在确定各类评价指标时，必须做到评价指标的通俗、明确和可操作性，如果指标的可操作性差，即使指标设置再合理，也没有实际使用价值。②评价方法的实用性，不同的评价目的，不同的分析因素，要求有不同的评价方法，但不论采用何种评价方法，必须保证其实用性。这种实用性表现在第一，选择的评价方法要实用于所分析指标和因素的特点；第二，选择的评价方法必须便于计算和运行。③评价结果的实用性，评价结果直接服务于区域决策，要实现决策的科学化，首先必须做到评价结果实用，能够按照决策的要求，能够直接为决策所采用，为区域环境规划和保护服务。

三、评价单元的划分

区域地质环境质量损益的经济评价，首先要进行评价单元的划分，评价单元划分的基本原则为内部一致性最大，外部差异性最大。结合库区移民开发工程的特点，库区的移民开发工程是结合移民的搬迁进行的，依据移民搬迁的总体原则，以内部消化为主，异地搬迁为辅。这样各个行政区划内部自成体系，而且每一行政区域内开发工程类型相同，开发途径和影响方式相近，因而，区域评价单元划分以库区各县市的行政划分为主要依据，以地形地貌，工程地质、地质灾害分布等因素为参考，将整个评价区划分为 2 个地质环境区，3 个地质环境亚区和 21 个地质环境单元。具体单元划分见图 9-2。

第二节　移民开发工程地质环境质量损益经济评价模型的建立

一、库区移民开发工程地质环境质量损益经济评价指标①~③

区域移民开发工程地质环境质量损益经济评价研究，是在各典型开发工程分析评价的基础上进行的，因而必须利用各典型工程的分析评价结果。同时，典型开发工程只是反映库区移民开发工程的一部分，并不能包含库区移民开发工程系统总体，而且也未能充分体现出各类开发工程对地质环境质量的联合干扰作用。基于以上原因，在进行库区总体移民开发工程区域地质环境质量损益的经济评价时，应从以下几个方面来分析。

1. 城市迁建

城市迁建是库区移民开发活动的重要组成部分，也是移民搬迁的重要工程。由于城市迁建往往表现为对一定范围内地质环境的成片开发，伴随有大量工厂、企业的新建和复建，占用大量的农田和耕地，大规模的工程开挖，很容易诱发甚至产生地质灾害；整个城市工业和生活“三废”容易导致本地区的环境污染。因此，库区大规模的城市迁建将会对本区域的地质环境质量产生重大的干扰。整个库区按 175 m 方案将淹没大小城镇 124 个，其中县城或市 13 个，建制镇 25 个，一般厂镇 86 个(表 10-1)。

2. 矿山开采

矿山开采工程也是库区移民开发工程的主要组成部分，矿山开采工程参数选取按照库区

① 水利部长委会，三峡工程库区巴东县水库淹没移民安置规划报告，1994；
② 水利部长委会，三峡工程库区秭归县水库淹没移民安置规划报告，1994；
③ 长江三峡工程论证移民专家组、长江三峡工程移民专题论证文集，1998。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 10-1　三峡水库受淹城镇统计表

序号	县（市）名	受淹城镇数	其中		
			县城（市）	建制镇	一般场镇
1	宜昌	1		太平溪	
2	秭归	8	归州	香溪	新滩、水田坝、郭家坝、沙镇溪、泄滩、屈原
3	兴山	3	高阳	峡口	建阳坪
4	巴东	5	信陵	官渡口、沿渡河	东渡口、楠木园
5	巫山	13	巫峡	大昌、双龙	水口、南陵、塔石、大溪、曲尺、青石、望霞、龙柱、洋溪、七里
6	巫溪				
7	奉节	11	永安		安坪、江南、七星、万胜、对县、新城、草堂区、白帝城、平皋、沟湾
8	云阳	25	云阳	云安、双江	故陵、新津、硐村、白水、龙洞、双梅、龙角、坝口、莲花、黄石、九龙、盘石、巴阳、复兴场、南溪、水市、盐渠、养鹿、渠马、高阳、江口、盛保
9	万县	9	沙河	新田、武陵	溪口、濮渡、新乡、黄柏杨、小周场、大周场
10	万县市	5	万县市区		五桥、龙宝、翠屏、清泉
11	开县	4	汉丰	赵家	厚坝、镇安
12	忠县	11	忠州	洋渡、马场、石宝	涂井、顺溪、甘井、新生、东溪、复尖、坪山农场
13	石柱	2		西沱	沿溪
14	丰都	6	名山	高家	湛普场、兴义、农花、楠竹
15	涪陵	11	涪陵市区	珍溪、清溪、李渡、蔺市、白涛	南沱、龙驹、百汇、河岸、石沱
16	武隆	2		白马	羊角
17	长寿	2	长寿城关镇		肖沱场
18	江北	3		落磧	连咀、舒家
19	巴县	3		木洞	广阳、麻柳
20	重庆市				
21	江津				
合计		124	13	25	86

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

规划开发的46个矿床所属评价单元汇总，各单元取所属开发规划矿床各评价值之和（详细评价结果见第七章）作为该单元矿山开采工程地质环境影响评价值，各单元规划开发矿床统计如表10-2。

表10-2 各评价单元规划开发矿床统计表

序号	单元	开发个数	矿种	矿床名称
1	宜昌	5	磷矿、建材	宜昌水泥厂、宜昌石材公司、宜昌丁家河磷矿、宜昌非金属矿山公司
2	秭归	2	非金属	秭归县水泥厂、秭归县陶瓷场
3	兴山	7	建材、磷矿	县磷矿、硫铁矿、白鹤水泥厂、非金属矿产公司、县水泥厂、电化厂、白果园钡矾矿
4	巴东	6	煤、建材	辛家煤矿、彭楼煤矿、石煤电厂、水泥厂、大理石厂、泥岩砖厂
5	巫山	3	煤、铁	桃花铁矿、福田煤矿大块井、田家煤矿
6	巫溪			
7	奉节	3	煤、非金属	奉节硫磺厂、奉节草堂煤矿、奉节县水泥厂
8	云阳	2	煤、建材	云阳云峰煤矿、云阳三峡水泥厂
9	万县市	3	岩盐	川东盐化学公司、川东盐厂、川东盐厂二期工程
10	万县	2	煤、建材	万县白云岩矿、万县弹子溪煤矿
11	开县	4	煤、建材	笔山煤矿、双贫口煤矿、高升煤矿、开县水泥厂
12	忠县	2	建材	川东水泥厂、忠县水泥厂
13	石柱	2	煤、建材	赶家桥煤矿、西沱水泥厂
14	丰都			
15	涪陵市	5	煤、建材	市水泥厂、建新水泥厂、垫江水泥厂、南武矿区、白涛煤矿
合计		46		

3. 水利水电

水利水电工程主要是指库区淹没水电工程的复建工程，水利水电工程参数选取按照库区规划开发的中小型水利水电工程所属单元汇总，各单元取所属水利水电工程各评价值之和（详细评价结果见第八章）作为该单元水利水电工程地质环境影响评价值，各单元规划开发水利水电工程统计如表10-3。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表 10-3　库区各评价单元规划水利水电工程统计表

序号	单　元	开发数量	工　程　名　称
1	秭归	7	升坪电站、响水洞电站、棋盘岭电站、天龙电站、老龙洞二级电站、夹石冲电站、玄武洞电站
2	巴东	1	峡门口电站复建
3	巫山	1	巫山当阳电站
4	巫溪	2	火烧电站、大河电站
5	奉市	4	眉引河电站、茅草坝电站、柏林坡电站、天井峡电站
6	云阳	5	沙沱电站、咸池水库、紫荆水库、花果水库、大坝水库
7	万县	6	鱼背山电站、双河电站二期、赶场电站、桥亭水库、狮子头水库、董家水库
8	开县	6	红花电站、关面电站、双河口电站、土龙电站、上游水库、烂泥沟水库
9	忠县	4	洋子岩电站、方家河电站、大材水库、杨家坝水库
10	涪陵	1	青烟洞电站
11	武隆	2	木棕河电站、金家坝电站

4. 交通建设

库区的交通建设工程，根据库区交通建设总体规划，将会形成以长江水运为主干，水运、铁路、公路并举，四通八达，遍及库区各处的运输格局。这样，库区的整体运输系统便形成了一个交通网络。这一交通网络的建设和运行势必对整个库区的地质环境产生重大影响，其主要影响方式表现为交通线路的施工，线路开挖有可能诱发地质灾害或产生新的地质灾害；站场码头、车船维修点产生的“三废”对环境的污染。交通建设工程参数选取按照各单元评价结果(详细评价结果见第九章)作为本次评价参数值。

5. 环境基础

地质环境基础条件是地质环境质量损益经济评价的重要因素，地质环境背景条件如何，将直接关系到建设工程的投资大小，关系到建设工程能否顺利建成，也关系到建设工程对环境质量的损益程度。地质环境基础条件除了包含一定区域地质环境单元内各种资源的丰富程度，地质体的工程地质条件等特征之外，更重要的是指该区域地质环境灾害的发育程度和地质环境的污染程度。如果该区域内地质灾害和环境污染已经很严重，大规模移民开发工程的施工和运行，势必加重这种环境的破坏程度，而且其对地质环境质量的损害往往成倍数增长，进行区域地质环境质量损益的经济评价，环境基础参数的选取可依据库区各评价单元地质环境各因素特征来确定。

6. 工程强度

上述工程活动是库区移民开发的主要类型，但不是移民开发工程的全部。我们可用工程强度来反映各评价单元移民开发工程的强度，这个强度包括三层含义：第一，反映库区各评

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

价单元移民开发工程的总体规模；第二，反映库区各评价单元移民开发工程的类型和开发途径；第三，反映库区各评价单元移民开发工程的相对集中程度。工程集中会增大各工程之间对地质环境质量联合作用，加重对地质环境质量的损害。由于大量的移民开发工程是对库区淹没工程设施的复建，因此，本参数以淹没的城镇、工厂、房屋、土地、水电站、公路、码头、抽水站、线路（输电线、迅讯线和广播线）的实物数量，与各种类型设施复建对地质环境干扰的重要性权重乘积之和，与评价单元面积之比表示(此参数无量纲)：

$$V_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} Q_j \cdot W_j}{S_i}$$

式中 V_i——第 i 个单元移民开发工程强度值；

Q_j——第 i 个单元第 j 项工程设施淹没数；

W_j——第 i 个单元第 j 项工程设施复建对地质环境干扰程度的重要性权重；

S_i——第 i 个评价单元的面积；

n——第 i 个单元淹没工程设施类型数。

7. 移民规模

工程强度主要反映移民生产性开发活动各种开发工程对地质环境的影响，移民规模则是从这些移民搬迁各项生活活动的强烈程度以及可能对该区域地质环境质量的影响。移民规模也包括各评价单元移民数量的多少和移民的相对集中程度，由于淹没区移民往往是以一定的社会集体结构形式存在的，如某个城镇，某个村组等，因而在移民搬迁过程中往往也是随这种结构整体搬迁。这样，不同评价单元淹没区面积上的移民数量的多少，既可以反映移民规模的大小，又可以反映移民的集中程度。因此，本参数的选取取各评价单元淹没区单位面积的移民数量来表示。

二、库区移民开发工程地质环境质量损益经济评价模型的建立

区域地质环境质量损益的经济评价是一个多目标、多准则、多层次的分析评价过程，其中既有技术的、经济的指标，也有社会的和环境的指标。各指标下面又包含有众多定性的和定量的具体指标，这些指标大多具有不分明性，既相互联系，又相互制约，共同构成了一个灰色系统。

灰色综合评判是基于灰色系统理论基础上的一种综合评价方法，该方法的核心内容是通过分析比较数列与参考数列的关联程度，既评价单元与最理想单元的相近程度，来确定各评价单元相对于理想单元的优劣顺序，以达到综合评价的目的。再配以层次分析，客观合理地赋予各评价指标的相对重要性权重，使最终的分析评价结果更准确。

1. 关联分析及关联度的计算

关联分析是灰色系统理论提出的一种新的系统分析方法。它是用关联度的大小来描述事物之间或因素之间关联程度，即亲疏关系的定量化方法。由关联度来确定主、次要影响因素，从而揭示认识系统的主要特征，是一种简单有效的分析方法。

关联度计算的基本思想是根据两条曲线几何形态的差别作为判断依据，以曲线间差值大小来衡量二者关联程度。曲线越相近，则关联度越大；曲线差异越大，则关联度越小。对于一个参考数列 X_0，在有 n 个比较数列 X_1，X_2，X_3，…，X_n 的情况下，可用下述关系式表示

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

各比较数列曲线与参考数列曲线在各点的相关程度。

$$\zeta(k)=\frac{\min\min|X_0(k)-X_i(k)|+\rho\max\max|X_0(k)-X_i(k)|}{|X_0(k)-X_i(k)|+\rho\max\max|X_0(k)-X_i(k)|}$$

式中，$\zeta(k)$表示第 k 点比较曲线 X_i 与参考曲线 X_0 的相对差值，称为 X_i 对 X_0 在 k 点的关联系数；ρ 为分辨系数，其作用在于提高关联系数之间的差异性，$\rho\in(0,1)$，一般取 0.1～0.5，通常取 0.5。

$X_0(k)-X_i(k)$指 k 时刻两个序列的绝对差值；$\min\min|X_0(k)-X_i(k)|$称为数列两级的最小差；$\max\max|X_0(k)-X_i(k)|$称为数列两级的最大差。

通过以上分析过程可以看出，关联分析实际上就是分析比较数列与参考数列各点的相对差值，以反映它们之间的关联程度，关联程度越强，说明比较数列与参考数列越接近。这样，我们可以通过分析各评价单元与最理想单元之间各评价指标总体的关联程度，来达到评价单元移民开发工程地质环境质量损益大小的优劣顺序，达到分析评价的目的。

2. 灰色综合评判用于地质环境质量损益经济评价需要解决的两个问题

(1) 最优评价集的确定。

灰色综合评判是通过分析比较单元与最理想单元(最优评价集)之间的相关程度来实现评价目的的，那么，首先必须确定出最优评价集。最优评价集确定的原则是，构成最优评价集各要素指标必须是各比较单元中各技术经济指标中的最佳值。即以$\{X_i(k)\}(i=1,2,\cdots,n;k=1,2,\cdots,m)$表示第 i 个待评价单元第 k 项指标值，以$\{X_0(k)\}$表示第 k 个指标在诸评价中的最优值。指标中，如某一指标取大值为好，则取该指标在各单元中的最大值；如取小值为好，则取各单元中的最小值。

(2) 指标的归范化处理。

由于评价指标之间通常具有不同的量纲和数量级，不能直接进行比较，因此需要对原始指标值进行规范化处理。

$$X_i(k)=\frac{X_i(k)-\min X_i(k)}{\max X_i(k)-\min X_i(k)}$$

$$X_i(k)=\frac{\max X_i(k)-X_i(k)}{\max X_i(k)-\min X_i(k)}$$

上式适用于值越大效用越大的属性，下式适用于值越大效用越小的因素属性。

评价指标规范化处理过程中另外一个关键问题是对非量化的指标作白化函数的量化处理。由于各专家学者对其理解不一，通常按等差数列把白化度分为五等，用模糊统计方法进行处理。当然，作这种量化处理时，取何种形式的白化函数可视指标的具体性质确定。

3. 利用层次分析确定指标的权重

(1) 建立地质环境影响评价层次结构。

开发项目地质环境影响经济评价是一个多目标、多准则、多因素和多层次的复杂问题，库区总体开发工程中对地质环境质量的影响程度是不同的，有些表现的比较集中，有些表现的比较分散，这就需要在进行区域总体评价时，来确定不同评价指标的重要性权重，具体层次结构如图 10-2。

(2) 构造判断矩阵。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

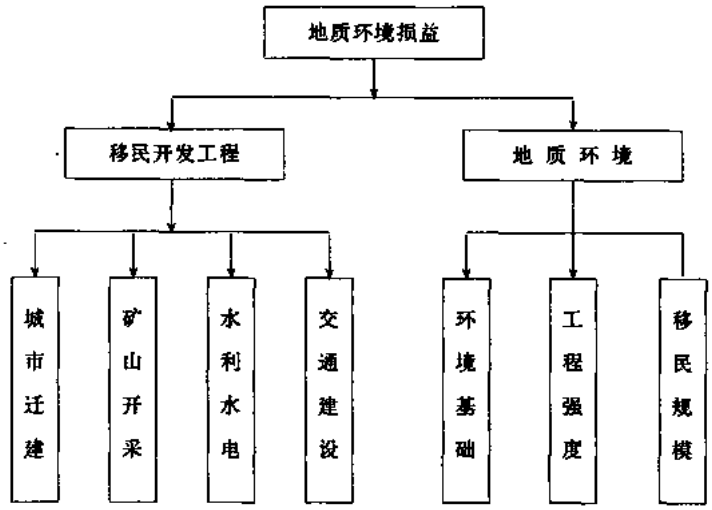


图10－2　地质环境质量损益经济评价层次结构图

按照层次分析的标度原则，采用1～9的比率标度，进行两两因素间的相对比较。为了使比较因素权重制订的客观合理，同时要有若干名专家进行决策，每个决策者根据上述原则，确定各因素间的比率标度，而后，依次统计各比选指标比率标度 v_j 的频数 m_{ij}。

$$u_{v_j}(u_i)=\frac{m_{ij}}{n}$$

式中　m_{ij}——$u_i \in v_j$ 的次数；

n——参加评价的人数；

$u_{v_j}(u_i)$——u_i 属于 v_j 等级的比率标度。

根据上式的统计结果，便可得到各因素的判断矩阵。

(3) 计算各因素的相对权数。

根据层次分析的具体分析步骤，依次计算出各判断矩阵的最大特征根所对应的特征向量，并进行一致性检验、最后可得到各评价因素的相对重要性权重矩阵 W，即

$$W=[W_1,W_2,W_3,\cdots,W_m]$$

4. 灰色综合评价模型的建立

通过上述关联分析，可得到各评价因素的关联系数，由此构成单因素评判矩阵 E，即：

$$E=\begin{bmatrix}\zeta_1(1) & \zeta_2(1) & \zeta_3(1) & \cdots & \zeta_n(1)\\ \zeta_1(2) & \zeta_2(2) & \zeta_3(2) & \cdots & \zeta_n(2)\\ \zeta_1(m) & \zeta_2(m) & \zeta_3(m) & \cdots & \zeta_n(m)\end{bmatrix}$$

由单因素评判矩阵 E 和权重分配矩阵 W，即可求出综合评判结果矩阵 R，即：

$$R=W\cdot E$$

式中，$R=(r_1,r_2,r_3\cdots,r_n)$，为 n 个评价单元移民开发工程地质环境质量综合经济损益值矩阵，由此可得到整个库区移民开发工程地质环境质量损益的经济评价结果。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

第三节　移民开发工程地质环境质量损益经济评价

一、评价参数的确定

在对库区评价单元划分的基础上，确定各评价单元的基础数据：

城市迁建：取各评价单元所属迁建城市第六章中的评价结果。

矿山开采：取各评价单元所属规划开发利用矿床第七章评价结果之和。

水利水电：取各评价单元所属规划开发利用水电工程第八章评价结果之和。

交通建设：取各评价单元第九章评价结果。

环境基础：依据各评价单元地质环境背景特征确定。

工程强度：取各评价单元淹没工程设施密度。

移民规模：取各评价单元淹没区单位面积移民数量。由此确定各评价单元各评价指标基础数据如表 10-4。

表 10-4　库区各评价单元基础数据汇总表

单元 \ 指标	城市迁建	矿山开采	水利水电	交通建设	环境基础	工程强度	移民规模
宜昌	0.050	0.337	0.0065	0.281	较好	76.68	0.471
秭归	0.500	0.148	0.105	0.414	差	1212.47	1.282
兴山	0.090	0.492	0	0.267	一般	355.45	4.620
巴东	0.600	0.481	0.0212	0.757	差	368.65	1.599
巫山	0.148	0.208	0.0162	0.240	一般	706.86	1.699
巫溪	0	0	0.1289	0.437	较好	2.11	0.515
奉节	0.328	0.234	0.064	0.530	一般	706.41	1.626
云阳	0.381	0.166	0.0897	0.431	一般	1066.15	1.710
万县市	0.322	0.255	0.0125	0.751	差	19292.16	11.26
万县	0.250	0.174	0.0937	0.814	差	808.61	1.362
开县	0.10	0.288	0.0818	0.534	一般	1169.74	2.169
忠县	0.267	0.168	0.0824	0.860	差	1141.27	1.033
石柱	0.06	0.124	0.0153	0.382	较好	73.68	0.989
丰都	0.139	0	0.0125	0.517	一般	790.64	2.670
涪陵市	0.350	0.343	0.0167	0.323	较好	889.42	1.811
武隆	0.06	0	0.0255	0.377	较好	41.84	2.204
长寿	0.06	0	0.0095	0.482	一般	96.98	0.784
江北	0.07	0	0.0015	0.294	较好	57.63	0.338
巴县	0.06	0	0.0035	0.205	较好	43.37	0.116
重庆市	0	0	0	0.348	一般	209.85	0
江津	0	0	0	0.213	较好	39.53	0

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、各单元的分析评价和计算

根据灰色综合评判的分析过程，对各评价单元的指标数据进行无量纲化处理和白化处理，则得到比较数列$\{X_i(k)\}$和参考数列$\{X_0(k)\}$($i=1,2,\cdots,21;k=1,2,\cdots,7$)。其中参考数列第$k$项数值由各方案中最优值构成，处理结果见表 10-5。

表 10-5　各单元指标规范化处理结果及参考数列

指标 / 单元	城市迁建	矿山开采	水利水电	交通建设	环境基础	工程强度	移民规模
宜昌	0.916	0.315	0.949	0.884	1	0.996	0.958
秭归	0.166	0.669	0.185	0.681	0	0.937	0.886
兴山	0.850	0	1	0.905	0.500	0.981	0.593
巴东	0	0.022	0.835	0.157	0	0.981	0.858
巫山	0.753	0.577	0.874	0.946	0.500	0.963	0.849
巫溪	1	1	0	0.606	1	1	0.953
奉节	0.453	0.524	0.950	0.504	0.500	0.963	0.855
云阳	0.365	0.662	0.304	0.655	0.500	0.945	0.848
万县市	0.463	0.482	0.903	0.166	0	0	0
万县	0.583	0.646	0.273	0.070	0	0.958	0.879
开县	0.833	0.414	0.365	0.498	0.500	0.939	0.807
忠县	0.555	0.658	0.361	0	0	0.941	0.908
石柱	0.900	0.748	0.881	0.730	1	0.996	0.912
丰都	0.768	1	0.903	0.523	0.500	0.959	0.763
涪陵市	0.416	0.303	0.870	0.820	1	0.954	0.839
武隆	0.900	1	0.802	0.737	1	0.998	0.800
长寿	0.900	1	0.926	0.577	0.500	0.995	0.930
江北	0.883	1	0.988	0.864	1	0.997	0.970
巴县	0.900	1	0.841	1	1	0.998	0.989
重庆市	1	1	1	0.781	0.500	0.989	1
江津	1	1	1	0.988	1	0.998	1
参考单元	1	1	1	1	1	1	1

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

取分辨系数 $\rho=0.5$，把表 10-5 给出的比较数列$\{X_i(k)\}$数值代入关联系数计算公式，计算出各单元评价指标的关联系数 $\zeta_i(k)$，则可得到各评价单元的单因素评判矩阵 E(表 10-6)。

通过前面的层次分析，确定评价单元各评价指标的权重分配矩阵 W(表 10-7)。

表 10-6　各评价单元单因素评价结果表

指标 / 单元	城市迁建	矿山开采	水利水电	交通建设	环境基础	工程强度	移民规模
宜昌	0.856	0.422	0.907	0.811	1	0.992	0.922
秭归	0.375	0.624	0.380	0.610	0.333	0.888	0.814
兴山	0.769	0.333	1	0.840	0.500	0.963	0.551
巴东	0.333	0.338	0.752	0.372	0.333	0.963	0.779
巫山	0.669	1	0.799	0.902	1	0.931	0.768
巫溪	1	0.512	0.333	0.559	0.500	1	0.914
奉节	0.477	0.533	0.909	0.502	0.500	0.931	0.775
云阳	0.440	0.491	0.418	0.592	0.333	0.901	0.767
万县市	0.482	0.585	0.837	0.375	0.333	0.333	0.333
万县	0.545	0.460	0.407	0.349	0.500	0.922	0.805
开县	0.749	0.594	0.440	0.499	0.333	0.891	0.829
忠县	0.529	0.665	0.438	0.333	1	0.894	0.844
石柱	0.833	1	0.808	0.649	0.500	0.992	0.850
丰都	0.691	0.417	0.837	0.512	1	0.924	0.678
涪陵市	0.461	1	0.793	0.735	1	0.916	0.756
武隆	0.833	1	0.716	0.655	0.500	0.996	0.719
长寿	0.833	1	0.871	0.542	1	0.990	0.877
江北	0.810	1	0.976	0.786	1	0.994	0.943
巴县	0.833	1	0.759	1	0.500	0.996	0.978
重庆市	1	1	1	0.695	1	0.978	1
江津	1	1	1	0.976	1	0.996	1

表 10-7　各评价指标的权重分配表

指标	城市迁建	矿山开采	水利水电	交通建设	环境基础	工程强度	移民规模
权重	0.2257	0.1442	0.1442	0.2184	0.0909	0.0857	0.0909

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

将表 10-6 中的单因素评判矩阵 E 和表 10-7 中的各指标权重分配矩阵 W 代入综合评价模型中，计算各评价单元的 r_i 值：

$$r_i = \sum_{k=1}^{m} W_k \zeta_i(k)$$

式中 r_i——i 单元的综合评价值；

W_k——第 k 个评价指标的权重值；

$\zeta_i(k)$——第 k 个评价指标的关联系数。

由于移民开发工程地质环境质量损益综合分析评价指标是反映工程开发对地质环境的影响程度，因此，该指标值应越小越好，故我们取综合评价值与 1 的差值来反映移民开发工程库区各单元地质环境质量的综合损益程度，用 ϵ 表示，即：

$$\epsilon_i = 1 - r_i = 1 - \sum_{k=1}^{m} W_k \cdot \zeta_i(k)$$

最终评价结果见表 10-8。

表 10-8　库区各单元地质环境质量损益综合评价结果表

单元 \ 参数	r_i	ϵ_i	排序	所属类别
宜昌	0.822	0.178	15	Ⅱ
秭归	0.543	0.457	5	Ⅰ
兴山	0.725	0.275	11	Ⅱ
巴东	0.496	0.504	2	Ⅰ
巫山	0.848	0.152	17	Ⅱ
巫溪	0.684	0.316	10	Ⅱ
奉节	0.613	0.387	8	Ⅰ
云阳	0.536	0.464	4	Ⅰ
万县市	0.484	0.516	1	Ⅰ
万县	0.521	0.479	3	Ⅰ
开县	0.607	0.393	7	Ⅰ
忠县	0.595	0.405	6	Ⅰ
石柱	0.797	0.203	14	Ⅱ
丰都	0.680	0.320	9	Ⅱ
涪陵市	0.760	0.240	12	Ⅱ
武隆	0.773	0.227	13	Ⅱ
长寿	0.831	0.169	16	Ⅱ
江北	0.901	0.099	19	Ⅱ
巴县	0.878	0.122	18	Ⅱ
重庆市	0.932	0.068	20	Ⅱ
江津	0.994	0.006	21	Ⅱ

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、评价结果

根据以上综合评价结果，可编制出长江三峡工程库区移民开发工程区域地质环境质量损益综合经济评价直方图和综合经济评价图(图 10-3,10-4)。

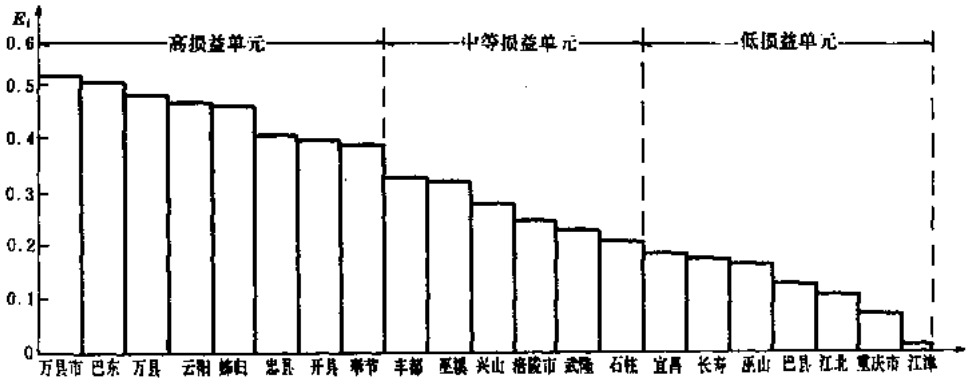


图 10-3　长江三峡工程库区移民开发工程区域地质环境质量损益经济评价(E_i)直方图

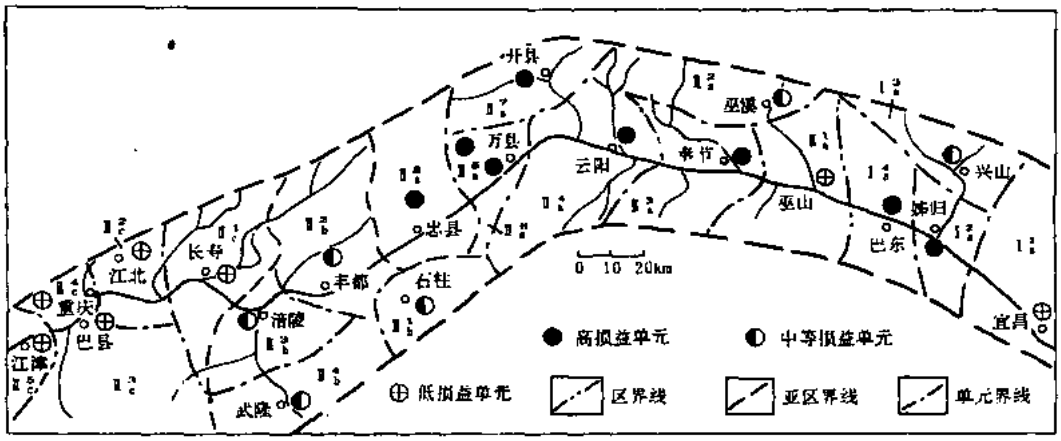


图 10-4　长江三峡工程库区移民开发工程地质环境质量损益经济评价图

从以上综合经济评价结果和综合经济评价图可以得到如下结论：

(1) 从总体上看，整个库区移民开发工程地质环境各单元综合经济损益值都比较低，说明库区移民开发工程总体上对地质环境来说是益大于损。但有些地区这种工程活动对地质环境的影响还是比较大的，因此，在工程设计、施工和运行过程中应注意地质环境的保护和地质灾害的防治。

(2) 库区各评价单元综合评价结果表明，整个库区移民开发工程对区域地质环境各单元地质环境质量损益程度可划分为三个级别：①高损益区：损益值为 0.350～0.550，包括万县市、巴东、万县、云阳、秭归、忠县、开县、奉节八个县市，属于 I 级损益区。②中等损益

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

区；损益值为0.200～0.350，包括丰都、巫溪、兴山、涪陵市、武隆、石柱六个县市，属于Ⅱ级损益区。③低损益区：损益值为0.000～0.200，包括宜昌、长寿、巫山、巴县、江北、重庆市、江津七个县市，属于Ⅲ级损益区。

（3）从以上各损益区的分布来看，高损益区主要分布在库区的核心部位，低损益区主要分布在库区的尾部，中间为过渡地区。如此说明，库区移民开发工程地质环境质量损益程度大小，直接与库区各单元淹没的规模相关，即与各单元移民开发工程的规模、强度和集中程度相关；同时也表明，处于高损益区的地质环境单元，多为地质环境基础条件比较薄弱的地区，如地质灾害发育、环境污染严重。因此，这类地区在进行移民开发工程建设时，应更加注意对地质环境灾害的防治和环境污染的治理。

第四节　地质环境合理开发利用及防灾降损对策研究

根据以上库区移民开发工程地质环境质量损益的综合经济评价结果，针对库区移民开发工程的建设和运行，库区人民的生产和生活以及库区各地社会经济的发展提出以下几个方面的建议，以不断提高库区地质环境的质量，实现对库区地质环境的充分利用和保护。

一、移民开发工程规划方面

1. 库区移民开发工程的规划必须与库区的区域地质环境特征相结合

库区的地质环境比较复杂，地质灾害严重，同时资源也很丰富，如水资源，水能资源，旅游资源等。这就要求我们在制定地质环境开发规划时一方面要建立在优先开发优势资源，提高开发效益；另一方面要避开地质灾害，而且不再诱发新的地质灾害，以充分发挥地质环境的资源效益。

2. 库区移民开发工程的规划必须与库区未来的社会经济发展相适应

一定地区的社会经济发展均有其发展的目标和结构特色，库区移民开发工程的规划和建设虽然服务于目前的移民搬迁，但必须着眼于未来，着眼于未来库区人民的脱贫致富，着眼于未来的经济发展目标，这就要求移民开发工程规划的制定必须与库区社会经济发展规划相结合，充分体现库区社会经济发展规划确定的发展目标和经济格局，在工程规划时，特别是大的，影响面比较广的工程，如库区交通建设总体规划，库区城市及工厂的迁建等必须立足于全区，着眼于未来，全盘考虑，整体优化。

3. 库区移民开发工程的规划必须与三峡工程的整体要求相适应

三峡工程规模巨大，举世瞩目，整个工程建设和运行，要求有库区各方面的条件相适应，库区移民的搬迁，正是适应工程要求而进行的。同时，大量移民工程的建设和规划，同样也必须适应三峡工程的要求，保证工程所需的各方面材料和资源，保证工程所需配套的各方面条件和设施，以实现整体工程效益的发挥。

4. 库区移民开发工程的规划必须与移民的整体规模、结构、类型相适应

库区移民开发工程规划的制定必须与各地区移民的总体特点相结合，充分考虑到移民的规模、结构、类型、因地治宜，即要满足广大移民目前的生产，生活需要，也要满足未来经济发展的需要，还要充分地利用地质环境和保护地质环境，实现移民工程的建设和运行、移民区的社会经济发展与地质环境相协调。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、工程建设和运行方面

1. 加强工程施工全过程的管理和监控

库区大量移民开发工程的施工过程，也是容易对库区地质环境产生干扰破坏的过程，因此，必须加强施工管理，随时注意工程施工中的诱灾因素和环境污染，及时采取措施，防患于未然，保证施工与地质环境的保护同步进行，良性循环。

2. 提高工程施工方法和手段的科学性

以往的工程建设和施工过程中，特别是中小型工程，施工方法和手段缺乏科学性，不仅影响了工程的质量，而且也对地质环境造成破坏。如人工填挖的密实性不够，水库坝基松散、堆积物清理不完全等，都给工程的正常运行造成不利影响，也留下了产生地质灾害的隐患。

三、库区地质灾害的防治

1. 移民开发工程的建设必须有防灾降损工程设施相配套

库区是地质环境灾害比较发育的地区，滑坡、崩塌、泥石流、水土流失等地质灾害分布比较广，环境污染也比较突出，这就要求在移民开发工程的设计和建设过程中，必须注重配套防灾降损工程设施的建设，如交通运输线的建设要配套有沿途的防灾工程；工厂企业的迁建要配套有污水处理及废气净化设施；农村移民的搬迁，要配套有水土保持工程的实施等等，做到工程建设和环境保护的同步进行，发挥整体经济和环境效益。

2. 加强库区地质灾害的监测和防治

库区地质灾害类型多，分布广、灾害损失大。必须建立专门的地质灾害管理机构，包括灾害研究部门、灾害治理部门，灾害监测系统等，对全区各种地质灾害，特别是规模大，影响范围广，灾害损失严重的地质灾害进行专门的监测、研究和治理，对库区地质灾害进行全面控制。降低灾害的发生频率，减少灾害造成的损失，提高地质环境质量。

四、库区地质环境保护方面

1. 加强环境教育，提高环保意识

库区整体地质环境质量的提高，必须依赖于库区人民环境意识的普遍提高，因此，必须加强环境教育，提高库区人民的环境意识，自觉的改变生产方式和生活习惯，自觉地参与环境保护，才能实现库区环境质量的总体水平不断得到提高。

2. 加强法制宣传和执法力度，提高地质环境保护的法制性

库区地质环境质量的保护和改善，还必须依赖于环保法制的宣传和环保执法力度。如对环境资源的开发必须做到统一规划，综合利用和优化开发，坚决杜绝滥采滥挖破坏环境资源的行为；地质环境灾害分布地区要严禁一切诱灾活动的进行，坚决打击一切违法行为，减少诱灾因素，降低灾害发生的可能性；对产生“三废”数量多、严重污染环境的厂矿企业，必须严格管理，实行关停并转，限期治理，减小环境污染源的数量，降低环境污染程度。

3. 增加政策倾斜，走可持续发展道路

长江三峡工程库区大部分地区属于贫困地区，尚未解决温饱问题，表现为大量的粗放型

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

生产方式。国家及有关部门应从政策上、资金上、教育上、科学技术上等各方面对这一地区给予倾斜，走大农业的发展道路，实现从粗放型向集约型的转变，实现经济发展与地质环境的协调，走可持续发展道路，使库区人民尽快脱贫致富，使库区经济尽快得到发展。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

主要参考文献

[1] 王金南，环境经济学，清华大学出版社，1994。

[2] 世界环境与发展委员会著，王之佳、柯金良译，我们共同的未来，长春：吉林人民出版社，1997。

[3] 张慧勤、过孝民，环境经济系统分析，清华大学出版社，1993。

[4] 欧正东，长江三峡工程库区地质环境与环境地质研究，成都科技大学出版社，1992。

[5] 阎军印，关于地质环境质量经济评价的研究，中国地质，1995 年第 2 期。

[6] 阎军印、孙卫东，工程建设地质环境质量损益经济评价理论与方法研究，河北地质学院学报，1996.，vol. 19，No. 3，424～429。

[7] 阎军印，关于环境经济核算基本问题的思考，重庆环境科学，1997，vol. 19. No. 5，6～8。

[8] 阎军印，浅谈环境经济评价的类型划分，环境保护，1997，No. 3，25～27。

[9] 倪建华、陈绥阳等，区域资源开发模型系统，北京：中国科学技术出版社，1992。

[10] 王华东、薛纪瑜等，环境影响评价，北京：高等教育出版社，1989。

[11] 国家计划委员会等，建设项目经济评价方法与参数实用手册，北京：中国计划出版社，1993。

[12] 阎军印，关于建设项目环境影响的经济损益分析，重庆环境科学，1994，vol. 16，No. 5，44～47。

[13] 朝宗珊、钟立勋、欧正东等，长江三峡工程环境地质评价与预测，北京：中国科学技术出版社，1993。

[14] 欧正东，长江三峡工程库区环境工程地质，成都科技大学出版社，1992。

[15] 顾晓鲁、钱鸿缙等，地基与基础，北京：中国建筑工业出版社，1994。

[16] 李京文、郑友敬，技术经济手册（理论方法卷），北京：中国科学技术出版社，1990。

[17] 张瑜、高向军，土地估价理论与实物，北京：企业管理出版社，1992。

[18] 余辉等，建筑工程投资估算手段，北京：中国物价出版社，1993。

[19] 傅伯杰，土地评价的理论与实践，北京：中国科学技术出版社，1993。

[20] 孙卫东、杨昌明等，三峡工程库区城镇迁建地质环境损益经济评价的方法，河北地质学院学报，1995，vol. 18，No. 1，52～57。

[21] 陆森、马促文等，环境评价，上海：同济大学出版社，1990。

[22] 国家计划委员会等，建设项目经济评价方法与参数，北京：中国计划出版社，1994。

[23] 王学萌、罗建军，灰色系统方法简明教程，成都科技大学出版社，1993。

[24] 阎军印，矿山开采工程地质环境质量损益经济评价研究，中国地质矿产经济，1995，vol. 8，No. 9，28～32。

[25] 阎军印，区域矿产资源开发地质环境质量损益经济评价，中国人口资源与环境，1995，52～56。

[26] 阎军印、孙卫东，大型水电工程建设环境影响的经济损益分析，大自然探索，1997，vol. 16，No. 2，97～102。

[27] 阎军印、孙卫东，区域交通建设工程环境质量损益经济评价，上海环境科学，1995，vol. 14，No. 10，15～17。

[28] 阎军印、耿俊辰，长江三峡工程库区环境地质灾害管理系统初探，资源开发与市场，1996，vol. 12，No. 6，267～271。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

封面设计：祖秀芬

ISBN 7-5028-1516-X

9 787502 815189 >

ISBN 7-5028-1516-X/F·94
(2114) 定价：15.00元

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn