

XINAN DI QU CHENGSHI DIZHI HUANJING FENGXIANXING FENQU PINGJIA FANGFA

■ 国家国土资源大调查项目西南地区城市环境地质调查专题研究成果

西南地区城市地质环境风险性 分区评价方法

丁 俊 倪师军 魏伦武 张成江 等著 ■

四川出版集团 · 四川科学技术出版社



国家国土资源大调查项目西南地区城市环境地质调查专题研究成果

西南地区城市地质环境风险性 分区评价方法

丁 俊 倪师军 魏伦武 张成江 王永利 王德伟 著
赖绍民 文冬光 鄢 毅 毛 郁 瞿伦伟 杜永良

图书在版编目(CIP)数据

西南地区城市地质环境风险性分区评价方法/丁俊等著.
- 成都:四川科学技术出版社,2006.5
ISBN 7-5364-5952-1

I. 西... II. 丁... III. 城市-区域地质-地质
环境-风险分析-西南地区 IV. ①P562.7②X141

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 034900 号

西南地区城市地质环境风险性分区评价方法

著 者 丁 俊 倪师军 魏伦武 张成江等
责任编辑 宋 齐
封面设计 梁 成
版面设计 梁 成
责任出版 邓一羽
出版发行 四川出版集团·四川科学技术出版社
成都市三洞桥路 12 号 邮政编码 610031
成品尺寸 210mm×285mm
印张 10.5 字数 240 千 插页 12
印 刷 成都前进印刷厂
版 次 2006 年 5 月成都第一版
印 次 2006 年 5 月成都第一次印刷
定 价 75.00 元
ISBN 7-5364-5952-1/P·120

■ 版权所有·翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

■ 如需购本书,请与本社邮购组联系。

地址/成都市三洞桥路 12 号 电话/(028)87734081
邮政编码/610031



序

中国科学院院士

刘宝珺

城市是人类文明的标志,社会进步的象征,人类集中居住的地方,城市是 21 世纪发展的大趋势。

当今,随着城乡一体化进程的加快,农村人口正以势不可挡的趋势涌向城市,求生存,求发展,求城里人高质量的生活。因此,人们对城市发展赋予全新的内涵,即不仅要求高效的工作、广博的学习、畅通的信息、便捷的交通、完备的设施、齐全的功能,特别对于生存环境质量提出了更高的要求。

这些要求已经得到城市的管理者、规划者、建设者、科技工作者和市民们广泛关注,并进行实施,取得了令人欣慰的成效。但是,对于生我、养我的这片土地,以及对于这片土地下面的、上面的地质环境如何?我们却知之甚少,或者不胜了了。这对于我们继往开来,顺应潮流,建立 21 世纪新型城市——环境友好型城市,难道不是一大缺陷么!

为了弥补这一缺陷,一群朝气蓬勃的中青年地球科学工作者,脚踏实地,埋头苦干,对西南地区数十个主要城市进行全面调查,深入研究,科学求证。他们在地质环境基础性评价、地质灾害危险性评价和地球化学脆弱性评价的基础上,创新性地提出了西南地区城市地质环境风险性评价的工作思路、工作内容、工作方法、评价工具,并以康定城市作为示范,取得了卓有成效的工作成果。

这些成果别开生面,令人耳目一新。具体有“四新”。

一是思路新。这个“新”又具体表现为“两个多”和“两个三”。一个“多”是多级指标的厘定,第二个“多”是多层次用户体系的建立。“两个三”是根据三级指标的厘定进行评价,其成果为三个层次用户服务。一级指标为地质环境的基础性、地质灾害的危险性和地球化学的脆弱性的综合指标,它宏观地反映了整个城市地质环境的质量,其成果为第一层次的用户服务,即是为城市的管理者和决策者提供最基础的科学依据;二级指标为城市功能分类指标,根据这一指标评价出每一类城市功能地质环境质量,其成果为第二层次的用户服务,即是为城市的规划者,它有效地弥补了城市功能划分中地质环境质量依据的不足或空白;第三级指标

是单因素指标,它是影响城市地质环境质量最直接的因素,其成果可以直接服务于第三层次的用户,即是城市工程建设的设计者、实施者和具体管理者。

二是评价体系新。国内外先后开展了多轮城市环境地质调查或评价,但是,由于历史的原因,以及当时工作的需要,这些调查往往着重在面上、宏观上、单因素上,没有根据不同类型城市的特点进行综合评价,更未建立完整的评价体系。作者在广泛地收集前人的资料,并进行深入地学习和研究的基础上,进一步提出了城市地质环境风险性分区评价的方法体系,体现了作者务实创新的精神。

三是评价方法新。作者在深入调查,获取大量实际材料的基础上,根据地质环境的基础性、地质灾害的危险性和地球化学的脆弱性的总体特征,提出了进行地质环境风险性评价的分区原则和具体方法。由此建立的评价指标体系和评价方法,并在康定城的调查评价中进行了实践,由此对康定城市人口的分布、财产的保护、基础设施的布局和减灾防灾的预测取得了实质性的作用,证明是行之有效的。

四是评价工具新。作者以地理信息系统为基础平台,由此建立了新的城市地质环境风险性分区评价信息系统。这一系统具有可操作性、可视性、适用性和推广性。

现在,《西南地区城市地质环境风险性分区评价方法》已经面世。相信这些成果定能满足城市管理者、规划者和建设者的需要,定能满足社会公众获取环境地质信息的需要。

最后,祝贺这本书的出版。希望此书对我国城市地质环境调查评价工作起到很好地示范指导作用,为建设“环境友好型”社会和社会经济可持续发展做出贡献。

目 录 CONTENTS

前 言	1
0.1 评价思路	1
0.2 评价方法与评价体系	2
0.3 工作流程	4
0.4 主要进展	4
 上篇 西南地区城市地质环境风险性分区评价方法	
第一章 西南城市类型及特点	8
1.1 城市类型	8
1.2 城市特点	8
第二章 地质环境条件与环境地质问题	10
2.1 地质环境条件基础性	10
2.2 地质灾害危险性	24
2.3 地球化学脆弱性	27
第三章 地质环境分区单元划分	30
3.1 划分原则	30
3.2 划分方法	30
第四章 地质环境条件基础性分区评价	32
4.1 评价思路	32
4.2 评价方法	32
第五章 地质灾害危险性分区评价	38
5.1 评价思路	38
5.2 地质灾害易发分区评价	38
5.3 地质灾害社会经济易损性分区评价	52
5.4 地质灾害危险性分区评价	56
第六章 地球化学脆弱性评价	61
6.1 水体脆弱性评价	61
6.2 土壤污染评价	67

6.3 气体污染评价	69
6.4 地球化学脆弱性分区评价	70
第七章 城市地质环境风险性分区评价	72
7.1 城市地质环境风险性评价模型	72
7.2 地质环境风险性分区评价方法	72
第八章 城市地质环境风险性分区评价的应用	79
8.1 城市地质环境风险性分区评价图系的特点	79
8.2 城市地质环境风险性分区评价图系编制原则	80
8.3 城市地质环境风险性分区评价图系的应用	80

下篇 康定城地质环境风险性分区评价

第九章 康定城地质环境条件	86
9.1 地形地貌	86
9.2 气象水文	86
9.3 地层岩性及岩土体类型	88
9.4 地质构造	91
9.5 水文地质	93
9.6 地质资源	93
9.7 动力作用	95
第十章 康定城地质环境条件基础性评价	98
10.1 康定城地质环境分区单元划分	98
10.2 地质环境条件基础性评价	101
第十一章 康定城地质灾害危险性分区评价	104
11.1 地质灾害发育特征	104
11.2 地质灾害易发分区评价	119
11.3 地质灾害社会经济易损性评价	123
11.4 地质灾害危险性分区评价	134
第十二章 康定城地质环境风险性分区评价与应用	140
12.1 康定城地质环境风险性分区评价	140
12.2 城市功能区地质环境风险性分区评价	142
12.3 康定城地质灾害危险性分区评价图及其应用	149
12.4 康定城单要素评价图及其应用	149
附 表	150
结 语	161
参考文献	162
附 图	165

前 言

城市是人类文明的标志,城市化是社会发展的必然趋势。据联合国统计的数字,2000年,全世界60亿人中约有一半居住在城市,我国有3.5亿多人居住在城市,占27%。进入21世纪,农村人口正以势不可挡的趋势涌向城市,求生存,求发展,求城里人的生活。预计到2050年,我国城市人口将超过农村人口。进入21世纪后,人类对城市发展赋予新的要求,即不仅要求满足建筑安全、设施完备,而且对于生存环境提出了更高的要求。所以,从城市总体规划、建设、管理方面,人们都以极大的注意力关注着城市的地质环境,力求在城市建设和发展中做到人与地质环境之间的和谐。

西南地区包括四川、云南、贵州、重庆和西藏,总面积238万 km^2 ,约占全国国土面积的24%,总人口2亿,约占全国总人口的15%。随着西南地区城市化速度加快,地质灾害、水体污染、土壤污染等地质环境问题日益突出,已经严重制约了当地国民经济的发展。

城市环境地质工作是以支持城市经济和社会可持续发展,为城市规划、建设和现代化管理服务为目的;为城市发展和建设提供基础地质、地质资源和地质环境信息;为保障城市经济安全、资源安全和环境安全提供地质依据;为国家和地方服务的一项重要的公益性地质工作。中国地质调查局2005年下达给成都地质矿产研究所组织实施“西南地区主要城市环境地质调查及脆弱性评价综合研究”项目。“西南地区城市地质环境风险性分区评价方法研究”是该研究项目的专题研究任务之一。开展城市地质环境风险性分区评价方法研究,为西南地区城市环境地质调查与评价工作提供范例,指导西南地区城市环境地质调查工作,查明城市规划、建设和发展运营中的地质环境条件及可能出现的环境地质问题,研究其对城市发展所提供的资源、所施加的约束条件以及城市发展对各种地质环境要素的扰动和响应,从地质环境上保障城市建设安全、生态环境优化、经济和社会发展,提高城市规划的整体水平是十分重要的。

0.1 评价思路

自然环境是人类赖以生存与发展的空间,也是直接或间接影响人类生存与发展的各种自然因素与条件的总和。城市地质环境与自然环境一样具有两个非常明显的特点,即自然属性和社会属性的和谐统一。为了更好地为城市经济可持续发展服务,城市环境地质调查与评价工作重心,已经由过去的“查条件、找问题”,转向研究城市经济活动与地质环境之间“和谐”发展,体现“环境友好”的发展观。

本书建立起城市地质环境质量评价新体系,即城市地质环境风险性分区评价体系。这是在解决城市发展与地质环境“和谐”问题上的一个探索。过去开展的城市地质环境调查是对城市的总体地质环境质量进行宏观评价,评价指标是单一的综合性指标,还没有开展城市地质环境分区评价工作。因此,城市地质环境风险性分区评价体系,可以为城市地质环境分区评价与区划工作提供技术支撑。

城市地质环境风险性是指城市地质环境对城市可能造成危害或损失的不确定因素,是研究

城市地质环境的社会属性与自然属性相匹配的程度,匹配程度越高,适宜度越好,风险性则越小;反之,匹配程度越低,适宜度越差,风险性则越大。

城市地质环境风险性包括三方面的内容,即地质环境条件的基础性、地质灾害的危险性以及地球化学的脆弱性(图0-1)。其中地质环境条件的基础性是地质环境风险性的最为本质的反映,是风险性的源头,地质环境条件的好坏直接决定了风险性的大小,地质环境条件越好,则风险性越小;反之,地质环境条件越差,则风险性越大。因此,地质环境条件的评价是风险性评价的基础。地质灾害危险性和地球化学脆弱性是地质环境条件基础性的外在表现形式,是由地质环境条件的本质所决定,所制约。

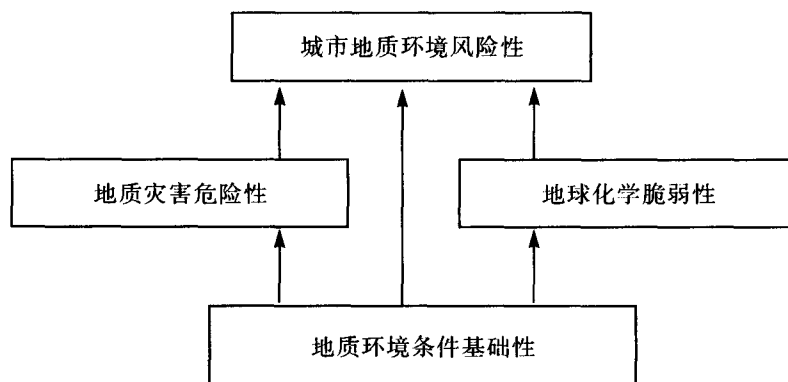


图0-1 城市地质环境风险性要素图

对城市地质环境进行风险性分区评价,可以设计一个多级别评价指标以及与之对应的多层次用户体系(图0-2)。城市地质环境质量综合评价指标、分类评价指标和单因素评价指标构成三级别指标评价体系,而政府城市规划部门、城市管理和建设设计部门则构成三个层次用户体系。

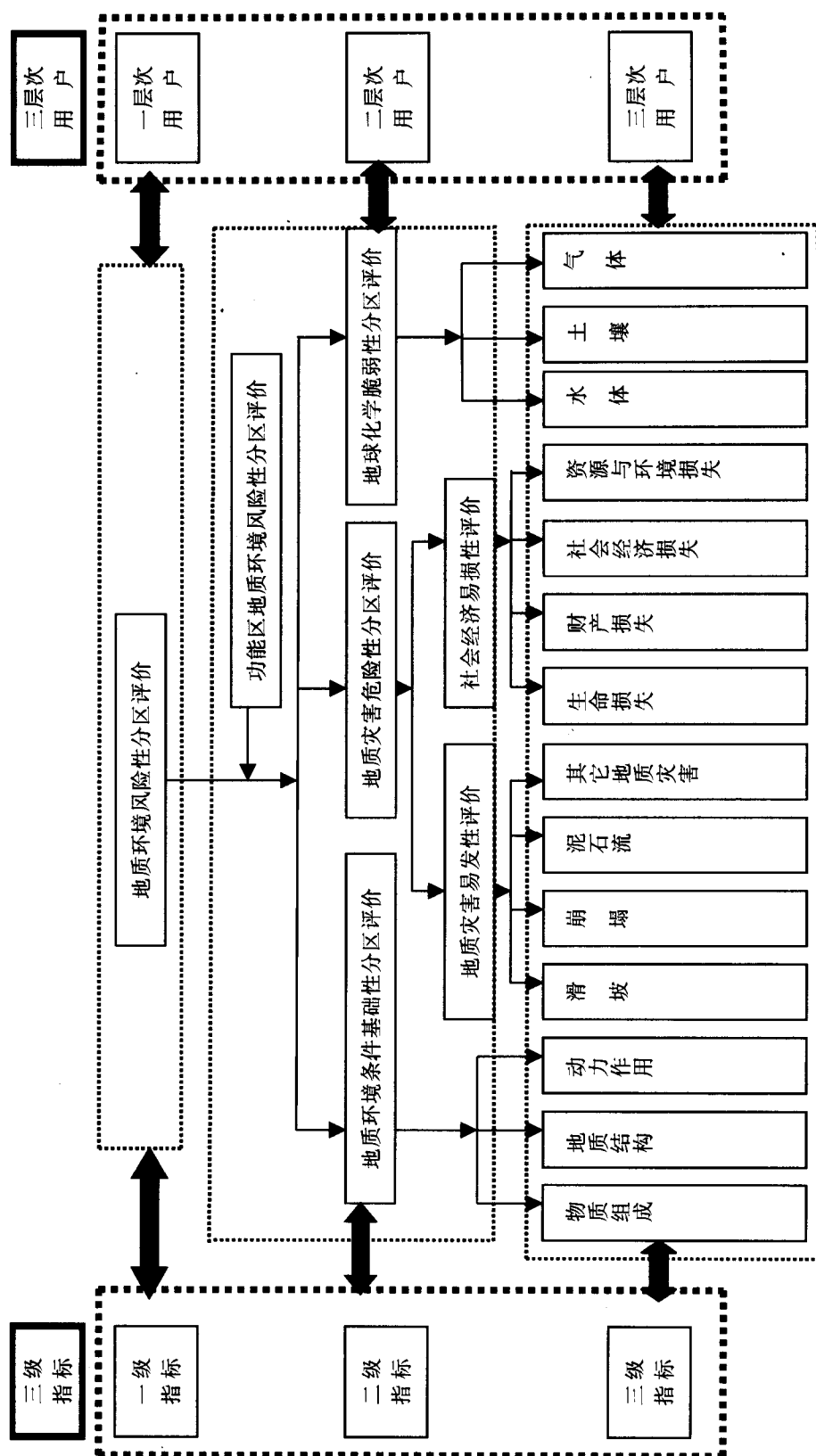
第三级别指标体系为单因素指标体系,是城市地质环境质量的基础性指标,由若干个地质环境条件单因素构成指标体系。其成果由各种单因素图件及分析报告体现,可直接服务于第三层次用户,即城市管理和建设的具体设计部门。

第二级别指标体系为分类指标体系,包括城市功能区地质环境风险性评价指标和一些中间性指标,具体由地质环境条件的基础性、地质灾害的危险性以及地球化学的脆弱性三大类分类指标图件及分析报告体现,可直接服务于第二层次用户,即城市规划部门和城市防灾减灾有关部门。

第一级别指标体系为综合指标体系,是城市地质环境质量的容量性指标,其成果由城市地质环境风险性分区评价指标图件及分析报告体现,可直接服务于第一层次用户,即政府对城市发展方向的决策作为参考依据之一。这一综合指标是由第二级别指标体系组合后经指数叠加运算得出的结果。

0.2 评价方法与评价体系

城市地质环境风险性分区评价是运用层次分析法和指数叠加法而形成的方法体系。这一方法体系的运用原则是高级别指标来自次一级别指标适当组合后经指数叠加运算求得的结果。第一级别综合评价指标是城市地质环境风险性分区评价指标,它由第二级别分类评价指标(地质环



境条件基础性评价指标、地质灾害危险性评价指标和地球化学脆弱性评价指标)组合后经指数叠加运算求得。第二级别分类评价指标则由第三级别单因素评价指标适当组合后经指数叠加运算求得。第二级别分类评价指标既是功能性指标,也是对一级别和三级别指标起承上启下的桥梁作用的重要指标。

所有的层次分析法和指数叠加运算可用风险性分区评价信息系统来完成。该工具系统以地理信息系统(GIS)为基础平台(图0-3),能够完成地质环境风险性评价的数据管理、存储以及风险性评价的计算和制图,体现了城市环境地质分区评价的新思路和新方法,具有操作简便、易于掌握、适用性强和便于推广等优点。

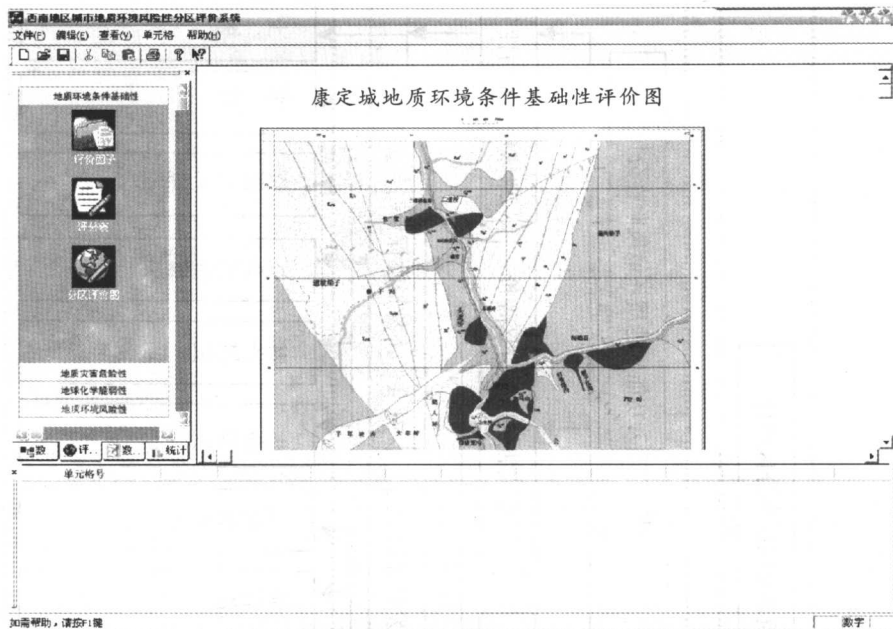


图0-3 城市地质环境风险性分区评价信息系统界面

0.3 工作流程

城市地质环境风险性分区评价工作流程图如图0-4所示。首先对城市工作区进行地质环境分区,对于每一个地质环境分区单元,分别进行地质环境条件基础性评价、地质灾害危险性评价和地球化学脆弱性评价,在此基础上,进行城市功能区地质环境风险性评价和城市地质环境风险性分区评价。风险性分区评价的结果与城市规划相比较,对城市发展提出优化建议,直接对多层次用户服务。

0.4 主要进展

通过西南地区城市地质环境风险性分区评价方法研究,探索出了一套与城市发展规划紧密结合,在城市地质环境条件基础性评价、地质灾害危险性评价和地球化学脆弱性评价的基础上,进行城市地质环境风险性分区评价的新方法和新体系。研究工作取得以下主要新进展:

(1)建立了城市地质环境风险性评价新思路,即多级别评价指标及多层次用户体系的思路。

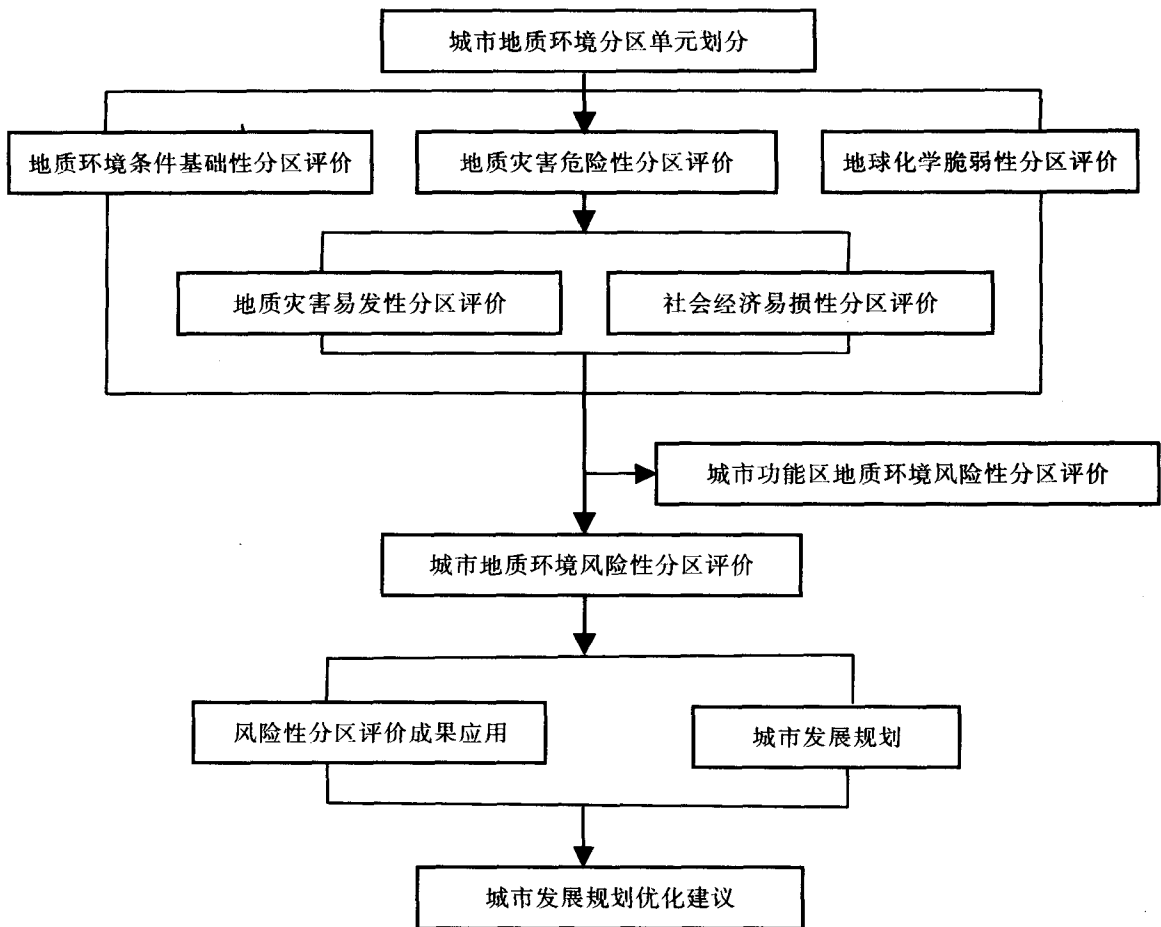


图 0-4 城市地质环境风险性分区评价工作流程框图

综合评价指标、分类评价指标和单因素评价指标构成了三级别指标评价体系,而政府、城市规划部门、城市管理和建设设计部门则构成了三层次用户体系。第一级指标体系为综合指标体系,是城市地质环境质量的容量性指标,其成果直接服务于第一层次用户,即政府对城市发展方向决策的参考依据之一。第二级指标体系为分类指标体系,是城市地质环境质量的功能性指标,其成果可直接服务于第二层次用户,即城市规划部门和城市防灾减灾有关部门,可作为制定城市总体规划的依据之一和编制城市地质灾害防治规划的依据。第三级为单因素指标体系,是城市地质环境质量的基础性指标,由若干个地质环境条件单因素构成指标体系,其成果可直接服务于第三层次用户,即城市管理和建设设计部门,是开展城市建设的依据之一。

(2)建立了城市地质环境质量评价新体系,即城市地质环境风险性分区评价体系。过去开展的两轮城市地质环境调查评价工作是对城市的总体地质环境质量进行宏观评价,评价指标是单一的综合性指标,还未根据城市发展规划有针对性地开展城市地质环境分区的区划评价工作。建立了城市地质环境风险性分区评价体系,为城市地质环境分区评价与区划工作提供了一套新体系。

(3)提出了城市地质灾害危险性分区评价的新方法。建立了地质灾害易发性和地质灾害社会经济易损性评价因子指标体系与评价方法,在地质灾害易发性和易损性评价基础上,进行地质

灾害危险性分区评价。其危险性等级划分标准与国务院《地质灾害防治条例》和《突发地质灾害应急预案》中的划分标准一致,评价结果可直接用于城市地质灾害防治规划编制工作,为城市防灾减灾和实施地质灾害避让搬迁、监测报警和防治工程的实施提供了科学依据。

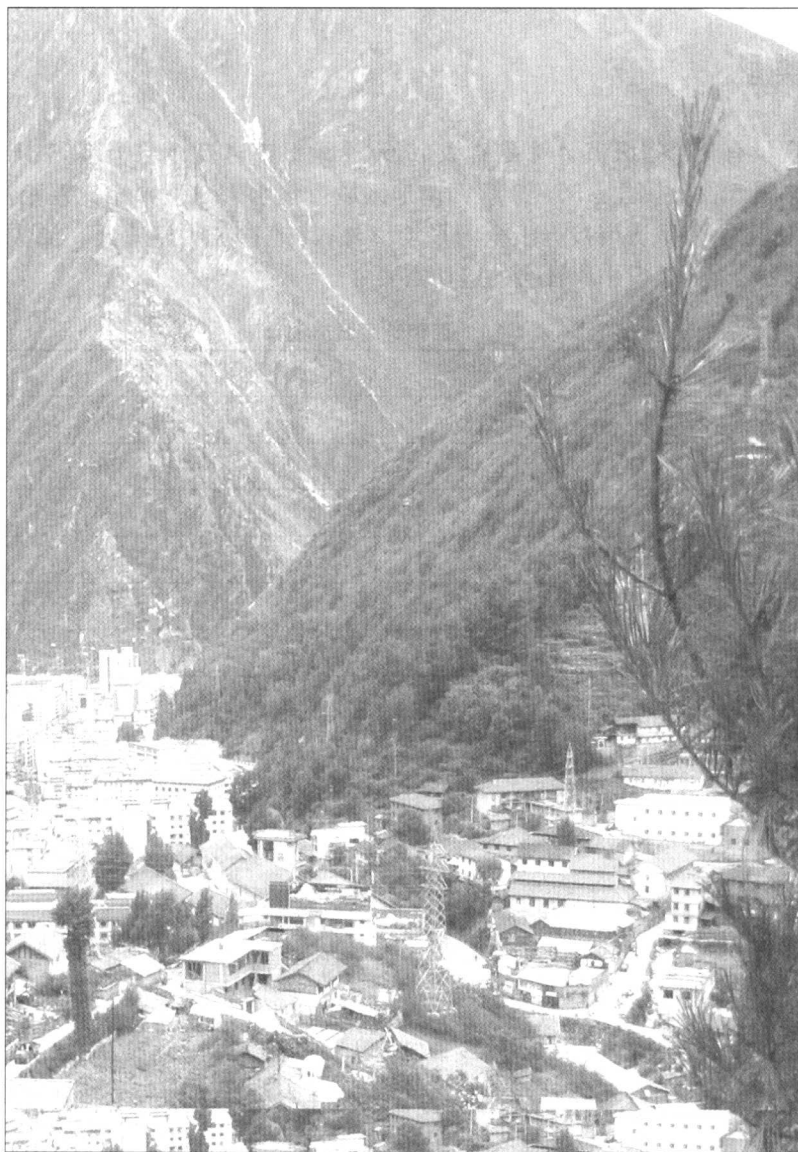
(4) 构建了城市地质环境质量分区评价新工具,即基于地理信息系统(GIS)为基础平台的城市地质环境风险性分区评价信息系统。此评价系统体现了城市环境地质分区评价的新思路和新方法,具有操作简便、易于掌握、适用性强和便于推广等优点。

本书得到殷跃平博士、葛文彬教授级高工、张作辰博士、徐志文博士、李云贵教授级高工、熊顺聪教授级高工和李前银教授级高工等专家的指导,在此一并致谢。

本书引用了前人的部分研究成果,云南省地质环境监测总站、贵州省地质环境监测总站、四川省地质环境监测总站、西藏自治区地质环境监测总站、四川省地震局、四川省地质矿产勘查开发局 108 地质队,以及甘孜藏族自治州人民政府等有关单位,提供了大量的基础资料,在此一并致谢。

上 篇

西南地区城市地质环境风险性分区评价方法



第一章 西南城市类型及特点

1.1 城市类型

西南地区现设有 1 个省级市、4 个副省级市、60 个地级市、487 个县级市(表 1-1)。2004 年,世界的城市化率是 51%,中国是 36.9%。西南地区城市化水平与世界相比差距甚远(表 1-1),与全国平均水平相比,除重庆市接近于全国平均值外,其他省区明显偏低。加快城市化进程,是协调城乡经济发展、全面建设小康社会的迫切需要。

表 1-1 西南地区城市统计表

(单位:个)

城市级别	直辖市	省会城市	地(市、州)级	县(区)级	城市化率
云南		1	17	119	23%
贵州		1	8	76	21%
四川		1	20	194	26%
重庆	1		9	25	33%
西藏		1	6	73	19%
合计	1	4	60	487	—

城市类型的划分,不同的学者根据不同的需要,划分方法不同。本书拟从城市所处的地理位置、地形地貌等的不同进行划分,将西南地区城市类型划分为两大类,即山区城市和平原城市。山区城市又可进一步划分为高原型、山地河谷型、丘陵型和平原型城市(表 1-2)。

1.2 城市特点

西南地区的城市以山区城市为主,大体具有如下特点:

(1)城市主要沿江河两岸或沟谷分布,“寸土寸金”。如长江干流宜宾至巫山段就分布了县级及其以上城市 14 座。2005 年 10 月 16~19 日,王思敬院士、李焯芬院士和殷跃平博士等专家对康定城白土坎滑坡治理工程(附图:照片 1-1)和地质灾害避让搬迁与土地开发整理相结合的康定姑咱把个河坝示范新村(附图:照片 1-2)进行了现场考察,并指出对于“寸土寸金”的山区城市,一定要注重地质灾害治理工程与城市用地相结合,受灾避让搬迁与土地开发整理相结合,尽可能让城市土地发挥其最大效益。

(2)山区的许多城市与地质灾害体相伴相随。西南山区地形高差悬殊,地层岩性复杂,褶皱断裂发育,地震及新构造活动强烈,是我国地质灾害多且危害最为严重的地区,造成不少城市建在崩塌、滑坡、泥石流、塌陷等地质灾害体上,如康定和丹巴等城市严重的受滑坡、崩塌和泥石流

的威胁(附图:照片1-1,1-2,1-3,1-4),还有云南、贵州很多城市市区都受到岩溶塌陷的危害。

(3)城市人口财产密度大,地质灾害社会经济易损性严重。由于受地形地貌和地质环境条件的制约,西南城市面积普遍较小,人口分布相对集中,城市一旦发生地质灾害(附图:照片1-4),造成的人员伤亡和经济损失巨大。

(4)矿业城市和旅游城市多,人为扰动大。西南矿产资源非常丰富,矿产资源开发利用在山区形成了不少的矿业城市,如四川的攀枝花(附图:照片1-5,1-6)、云南个旧、贵州六盘水等。西南的旅游资源得天独厚,丰富多彩的旅游资源造就了一座座旅游城市,如四川的康定、云南的丽江等城市。人类地质作用较强,人为扰动因素比较突出。

表1-2 西南地区城市类型及地形地貌特征表

基本类型		亚 类	基本特征
高原型	青藏高原型	断陷盆地型	分布于青藏高原,受活动断裂控制,构造活动性强,常伴有湖泊,如那曲、狮泉河等
		河谷平坝型	分布于青藏高原内部,沿主要河流分布,地势平坦,如拉萨、日喀则等
		高山峡谷型	分布于青藏高原边缘,河流侵蚀作用及斜坡地质作用特别发育,如康定、丹巴
	云贵高原型	断陷盆地型	分布于滇东地区,构造活动性强,伴有湖泊,如昆明、曲靖、文山等
		溶蚀洼地型	岩溶作用发育,如贵阳、六盘水、凯里、安顺、遵义等
		高山峡谷型	流水作用发育,如攀枝花、楚雄等
山地河谷型		断陷盆地型	城周地形起伏较大,邻近活动断裂,构造活动性强,斜坡地质作用发育,如西昌等
		河谷平坝型	城周地形起伏较小,多为中低山区,斜坡地质作用较发育,如广元等
丘陵型		河谷平坝型	城区地势平坦开阔,城周地形起伏平缓,如南充、绵阳等
		河谷斜坡型	城区地形起伏,斜坡地质作用较发育,如内江、重庆、宜宾等
平原型			主要分布在成都平原,地势平坦开阔,如成都、德阳、眉山等

第二章 地质环境条件与环境地质问题

2.1 地质环境条件基础性

2.1.1 地形地貌

西南地区多位于我国第三级地貌单元,部分居于第三级地貌单元和第二级地貌单元的过渡部位,以高原、山地和丘陵为主。地貌类型多样,地形高差悬殊,有世界最高峰——珠穆朗玛峰,海拔 8844.43m,海拔大于 7000m 的山峰有 66 座。区内以高原山区为主,海拔最低处为云南河口瑶族自治县元江河谷,海拔 76.4m。

1. 云南省

地形以高原为主,山间盆地零星分布。西北部地处青藏高原边缘,雪山连绵。东南河谷地区地势略低。怒山、高黎贡山、玉龙雪山、云岭山、乌蒙山等为主要山脉。河流为怒江、澜沧江、金沙江、红河、南盘江和伊洛瓦底江六大水系。全省山高水急,水利资源丰富。

2. 四川省

全省地形西高东低,可分为西部高原和四川盆地两大部分。川西高原是青藏高原东缘部分,平均海拔在 4000m 以上。四川盆地以浅丘和平原为主。沙鲁里山、大雪山、夹金山、峨眉山、邛崃山等山脉高耸绵延,多呈南北分布。主要河流为长江及其支流岷江、沱江、嘉陵江、大渡河、雅砻江。

3. 贵州省

全省地势较高,平均海拔在 1000m 以上。主要山脉有乌蒙山、大娄山、苗岭、梵净山等。山间散布着许多小型盆地。岩溶地貌发育,乌江、赤水河、南盘江、北盘江等为主要河流。草海是省内最大天然湖泊。山区水能资源充沛。

4. 重庆市

全市地势起伏不平,山脉绵延,丘陵广布,仅河谷地区有少量平坝。华蓥山、大巴山等山脉纵横于西、北两面,东南部为武陵山区。长江自西南向东北流贯全境,嘉陵江、乌江、綦江、涪江等为重要支流。河流湍急,水能资源丰富。

5. 西藏自治区

本区处于青藏高原区,地域广阔,地形复杂。平均海拔在 4000m 以上,素有“世界屋脊”之称。主要山脉有昆仑山、唐古拉山、念青唐古拉山、冈底斯山、喜马拉雅山等。雅鲁藏布江、金沙江、怒江、澜沧江为区内主要河流。湖泊众多,达 1500 余个,以海拔 4718m 的纳木错湖泊面积最大。

西南地区河流众多,地壳强烈抬升,河流下切强烈,多呈高山峡谷地貌。城市主要沿江河两岸或沟谷分布,受高山峡谷地貌制约,山区城市用地往往是“寸土寸金”,城市用地紧张,很多城市本身就建在古滑坡体“坝子”上,如四川省雅江县城等。