

中国地质调查局大调查项目成果

SICHUANSHENG 鄢 毅 岳昌桐 毛 郁 李前银等 编著
ZHUYAO CHENGSHI HUANJING DIZHI WENTI YU FANGZHI

四川省主要城市环境 地质问题与防治



电子科技大学出版社

四川省主要城市环境地质问题与防治

鄢 毅 岳昌桐 毛 郁 李前银等 编著

电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

四川省主要城市环境地质问题与防治 / 鄢毅等编著.

成都: 电子科技大学出版社, 2007.12

ISBN 978-7-81114-746-9

I. 四… II. 鄢… III. ①城市环境—环境地质学—研究—

四川省②城市环境—环境污染—污染防治—四川省 IV.X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 203262 号

内 容 简 介

本书以基础地质学、水文地质学、城市环境科学为基础, 以城市化和城市发展中所出现的城市环境地质问题为主线, 对四川省主要城市的环境地质问题进行了认真的综合分析与研究, 阐明了四川主要城市的地质环境条件; 全面系统地分析了城市主要环境地质问题的现状、类型、危害及经济损失评估; 重点研究了主要城市环境地质问题的形成机理和规律; 对各种环境地质问题采用不同的方法进行了科学评价; 针对不同的地质环境条件及评价结果, 提出了环境地质问题的防治对策和建议。本书对城市管理、城市建设、城市地质和环境地质等专业的师生和研究、管理工作, 具有重要的参考价值。

四川省主要城市环境地质问题与防治

鄢 毅 岳昌桐 毛 郁 李前银等 编著

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 周 岚

责任编辑: 周 岚

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都蜀通印务有限责任公司

成品尺寸: 210mm×285mm 印张 10.25 彩色插页 18 字数 194 千字

版 次: 2007 年 12 月第一版

印 次: 2007 年 12 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-746-9

定 价: 46.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

项目研究人员

项 目 负 责：鄢 毅

主要研究人员：

鄢 毅	岳昌桐	毛 郁	李前银	成余粮
王 军	熊道锬	胡卸文	张成江	游丽君
魏伦武	陈 倩	尹 亮	叶晓华	许向宁

主要参加人员：

汪友明	徐 全	冯大才	李胜伟	方国华
宋 云	申太丽	汪雪瑞	刘民生	汪天寿
舒 畅	石胜伟			

项目主持单位：中国地质调查局

项目主编单位：四川省地质调查院

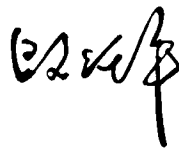
参 加 单 位：四川省地质矿产局 909 水文地质工程地质队
四川省地质矿产局成都水文地质工程地质队
成都理工大学
西南交通大学
四川省地质矿产局水文地质工程地质中心
四川省地质矿产局 108 地质队
中国地质科学院探矿工艺研究所

序

城市是人类文明的标志，城市化也是社会发展的必然趋势。城市在人文景观发展史上一出现，就成为人们面临的一个崭新课题。由于现代的人类活动已经成为一种强大的地质营力，强烈地参与到自然地质作用之中，共同作用于地质环境，打破了地质环境的原有平衡，使城市地质环境所受影响和压力与日俱增，与城市土地利用、资源开发、废物处置、环境保护和灾害防治等有关的环境地质问题日益突出。随着城市化进程的加快，地质环境对城市可持续发展的影响和制约作用将越来越大。如何发挥城市的积极有益方面，克服其消极不利影响，在城市规划、建设和发展中择优利用、适应、改造地质环境条件，防止可能出现的地质环境问题，是当前城市环境地质工作者面临的新任务。

《四川省主要城市环境地质问题与防治》一书，适应了当前城市环境地质工作的需要，以基础地质学、水文地质学、城市环境科学为基础，对四川省主要城市的环境地质问题进行了认真的综合分析和研究，阐明了四川主要城市的地质环境条件；全面系统地分析了城市主要环境地质问题的现状、类型、危害及经济损失评估；重点研究了主要城市环境地质问题的形成机理和规律；对各种环境地质问题采用不同的方法进行了科学评价；针对不同的地质环境条件及评价结果，提出了环境地质问题的防治对策和建议。该书将为国土开发与整治，城市的规划、建设、管理和社会公众对地质环境信息的需求提供科学依据。

本书的出版不仅能为城市国土开发整治、环境地质问题与地质灾害防治以及城市规划、建设、管理服务，而且对城市环境地质调查评价工作有积极的推动作用。



目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 研究意义	1
1.2 国内外研究现状及动态	2
1.2.1 国外城市地质调查工作现状	2
1.2.2 国内城市环境地质调查工作现状	4
1.3 研究内容及方法	5
第 2 章 城市自然地理及社会经济概况	6
2.1 自然地理概况	6
2.1.1 自然地理	6
2.1.2 气象与水文特征	6
2.1.3 生态环境特征	7
2.2 自然资源	8
2.2.1 土地资源	8
2.2.2 水资源及水能资源	9
2.2.3 矿产资源	11
2.2.4 生物资源	11
2.2.5 旅游资源	12
2.3 社会经济概况	12
2.4 城市发展规划（2020 年）	13
2.5 城市社会经济发展对地质工作的需求	13
第 3 章 城市环境地质特征	15
3.1 城市地貌特征	15
3.2 城市岩性及地质构造特征	17
3.2.1 区域地层岩性	17
3.2.2 主要城市地层岩性及分布特征	18
3.2.3 地质构造及地震	19

3.3	城市水文地质特征	20
3.3.1	地下水类型、富水程度及分布情况	22
3.3.2	地下水的补给、径流及排泄	24
3.3.3	地下水的水化学类型	25
3.4	城市工程地质特征	26
3.4.1	松散岩类工程地质特征及分布	26
3.4.2	软质岩与半坚硬岩相间岩类	27
3.4.3	半坚硬岩类与坚硬岩类	27
3.5	区域地质灾害	28
3.5.1	地质灾害的主要特点	28
3.5.2	地质灾害分布、发生的控制因素	28
3.6	主要城市环境地质问题	29
3.7	城市人类工程活动特征	34
3.7.1	高层建筑修建、道路建设、桥梁架设对城市环境条件的影响 ..	35
3.7.2	采矿活动对城市环境条件的影响	35
3.7.3	深基坑开挖、抽排地下水对城市环境条件的影响	35
3.7.4	污染对城市环境条件的影响	35
第 4 章	城市主要环境地质问题分析	37
4.1	城市主要环境地质问题	37
4.1.1	局部地下水水位下降	37
4.1.2	地表水、地下水污染	39
4.1.3	地质灾害	43
4.1.4	特殊岩土体问题	46
4.1.5	土壤污染问题	47
4.1.6	垃圾处置场污染问题	47
4.1.7	建筑弃渣、尾矿矿渣、固体废弃物污染问题	49
4.2	主要环境地质问题分析	49
4.2.1	成都平原区城市环境地质问题分析	50
4.2.2	川东丘陵山地区城市环境地质问题分析	61
4.2.3	川西南山地区城市环境地质问题分析	79
4.2.4	川西高原区城市环境地质问题分析	85
4.3	主要城市环境地质问题经济损失评估	93
4.3.1	评估原则	93

4.3.2	评估依据	94
4.3.3	评估结果	94
第 5 章	城市地质环境评价	96
5.1	地下水污染现状评价	96
5.1.1	评价原则	96
5.1.2	评价方法	96
5.1.3	评价依据与标准	97
5.1.4	评价分级	97
5.1.5	评价结论	97
5.2	地下水质量评价	98
5.2.1	评价原则	98
5.2.2	评价方法	98
5.2.3	评价依据与标准	99
5.2.4	分区分级评价	99
5.2.5	评价结果	99
5.3	地质灾害危险性评价	100
5.3.1	评价方法	100
5.3.2	地质灾害危害程度分级	100
5.3.3	评价结果	101
5.4	垃圾处置场地质环境效应的适宜性评价	101
5.4.1	评价方法	101
5.4.2	评价结果	105
5.4.3	现有垃圾场对环境的影响	105
5.5	尾矿、固体废弃物的环境效应评价	106
5.6	城市地质环境质量评价	106
5.6.1	评价原则	106
5.6.2	评价方法	107
第 6 章	地质环境对城市可持续发展的支撑作用及对策	114
6.1	地质资源对城市可持续发展的支撑与制约	114
6.1.1	地质资源	116
6.1.2	地质资源的合理利用与保护建议	122
6.2	地质环境对城市可持续发展的支撑与制约	126
6.2.1	地形地貌环境条件	127

6.2.2	地层岩性、地质构造及区域稳定性条件	127
6.2.3	地下水环境对城市可持续发展的支撑与制约	129
6.2.4	土壤环境质量对城市可持续发展的支撑与制约	129
6.3	城市环境地质问题对城市可持续发展的影响	130
6.4	城市规划建设与地质环境的协调及建议	136
6.4.1	东部盆地区	137
6.4.2	川东南中高山区	138
6.4.3	川西高山高原区	139
第 7 章	环境地质问题防治的对策、措施及建议	141
7.1	环境地质问题防治的宏观对策	141
7.1.1	加强政策法规建设, 提高全民地质环保意识	141
7.1.2	对城市环境地质问题要以预防为主, 防治结合	142
7.1.3	城市发展规划与环境地质问题防治紧密结合	142
7.1.4	加强城市环保机构建设和环境基础设施建设	142
7.2	环境地质问题防治的对策、措施及建议	143
7.2.1	地下水水位下降问题	143
7.2.2	地表水、地下水污染问题	143
7.3	地质灾害问题	144
7.3.1	滑坡防治措施	145
7.3.2	崩塌防治措施	146
7.3.3	泥石流防治措施	146
7.3.4	不稳定斜坡防治措施	147
7.3.5	地面塌陷防治措施	147
7.4	垃圾场污染问题	148
7.5	土壤污染问题	148
7.6	尾矿、固体废弃物的堆放问题	149
结 语		151
参考文献		153
附 图		154



第1章 绪论

1.1 研究意义

城市是人类文明的标志，城市化也是社会发展的必然趋势。城市在人文景观发展史上一出现，就成为人们面临的一个崭新课题。目前全世界 60 多亿人口中已有 50% 生活在城市，发达国家城市人口已超过总人口的 70%。据统计，我国城市人口 2006 年达 3.5 亿以上，城市化率达到 43.9%，城市已经成为促进经济、社会、人口、资源、环境协调发展的主要地域。由于现代的人类活动已经成为一种强大的地质营力，强烈地参与到自然地质作用之中，共同作用于地质环境，打破了地质环境原有的平衡，使城市地质环境受到的影响和压力与日俱增，与城市土地利用、资源开发、废物处置、环境保护和灾害防治等有关的环境地质问题日益突出，甚至直接影响和制约着城市的发展。随着城市化进程的加快，地质环境对城市可持续发展的影响和制约作用将越来越大。如何发挥城市的积极有益方面，克服其消极不利影响，在城市规划、建设和发展中择优利用、适应、改造地质环境条件，防止可能出现的地质环境问题，减少地质灾害，治理环境污染，是我们当今城市发展中面临的实际问题，也是当前城市环境地质工作的新任务。

四川省位于中国西南腹地，随着西部大开发基础设施建设和城镇化速度的加快以及四川省城镇建设日新月异的发展，受人类活动的影响，城市建设可能诱发的地质灾害、水体污染、土壤污染、大气污染等环境地质问题日显突出。因此，研究城市地质环境条件及可能出现的环境地质问题，从地质环境上保障城市建设安全和经济发展，提高城市规划的整体水平是十分重要的。

根据四川省 2006 年统计年鉴，四川全省辖 18 个地级市、3 个自治州，共计 21 市（州）、181 个县（市、区）（附图 1），面积 $48.5 \times 10^4 \text{km}^2$ ，人口 8642.1 万人，其中非农业人口 2013.82 万人，占人口总数的 23.3%。本书重点研究范围是全省 18 个地级市和 3 个州府所在地的城市建设规划（2020 年）面积 1955km^2 。区内虽然前人已经做了大量的基础地质、水文地质、工程地质以及地质灾害等与城市环境地质有关的工作，但要适应目前城市建设的快速健康发展，我们还需要加强这些方面的研究工作，同时进行专门的城市环境地质研究工作也是十分必要的。

1.2 国内外研究现状及动态

1.2.1 国外城市地质调查工作现状

城市地质有较长的研究历史,20 世纪 20 年代,欧洲出现城市地质论文和城镇地区图件。1960 年日本成立了东京城市地质调查委员会,相继出版了东京、大阪、福岗、名古屋等城市地质图。

1973 年,美国地质学家 R.F.Legget 出版了《城市与地质学》(City and Geology),该书成为美国大学城市地质学专业的一本主要参考书。

1978 年,美国俄亥俄大学 R.O.Utgard 等主编了《城市环境中的地质学》(Geology in the Urban Environment),该书汇编了 31 篇有关城市地质研究的论文,就城市地质学的重要性、城市环境中的地质灾害、城市土地利用的工程地质问题、城市地质资源利用和环境保护、城市环境地质资料的解释以及城市规划中地质资料的应用等专题进行了讨论。发展中国家对城市地质学的研究也正在积极开展。

20 世纪 80 年代初期,英国的桑顿(Thornton)提出了“城市地球化学”(Urban Geochemistry)概念。之后,在里士满、柏林、莫斯科、明斯克等城市开展了城市地球化学调查和研究工作。

1982 年,在曼谷举行了有关“土壤、地质、地形:对发展中国家土地利用规划的影响”的国际学术会议。与会代表提交了与城市规划建设有关的地质、地形、土壤方面的论文数十篇。此外,1982 年塞拉利昂大学 R.Bowen 所著《城市地质学》(Urban Geology),综合论述了地质学在城市规划、建筑工程地基、建材、供水、地质灾害防护等方面的作用以及如何在复杂的地质条件下进行城市建设的问题。

1985 年,联合国亚洲及太平洋经济和社会理事会(ESCAP)主办了“城市规划中的地质学”讨论会。

1986 年,推出了“城市发展地质学”计划。

1987 年,美国地质学会和加拿大地质学会曾联合召开以“城市下面的地质学”(Geology under Cities)为主题的学术讨论会。许多学者指出,“对于我们所在的城市街道下面的地质条件的忽视是近百年来科学稳步发展中一块不可思议的空白”,“在研究城市地质学现状、发掘地质学潜力方面有大量的工作等待去做”。城市地质记录对于城市市政工程建设具有不可估量的重要意义。

1990 年,正式文献中出现“城市地球化学”(Urban Geochemistry)一词。



1994年,设立了“亚太地区地质论坛”。国际地质科学联合会(IUGS)环境规划地质科学专业委员会(COGEOENVIRONMENT)与国际工程地质与环境协会(IAEG)和国际水文地质学家协会(LAH)于1992年联合成立了“国际城市地质工作组”。

1996年,荷兰学者J.Mccall教授等在第30届国际地质大会上率先推出和展示了他们最新出版的城市地学专著《Urban Geoscience》,内容包括:城市地学导论;地球科学在城市资源与环境的制约方面日益增长的作用;城市发展中的机遇和相关性问题等。

美国地质调查所多年来开展了城市地质制图工作,对纽约、华盛顿、波士顿、洛杉矶等大城市进行了详细的城市工程地质研究。

伦敦是英国的首都和地质科学研究院的所在地,拥有丰富的地质资料供城市建设使用,资料包括绘制在42张图上的10 000多口钻井记录。英国在伦敦地区实施了“伦敦计算机化地下与地表地质”项目,以支持伦敦城市地区的土地利用规划、环境管理、工程和土工建设。

苏黎世及瑞士所有大城市都拥有一座中央资料信息库,将全国各大城市的地表和地壳浅部的地质资料全部收集、储存,并已正式提供使用。同样的城市地质资料数据中心管理机构已在渥太华、华沙、布拉格、莫斯科和东京等大城市建立起来。

加拿大地质调查局于20世纪70年代开发并使用了城市地质自动化系统(GAIS),以适应城市中心地区的有序和高效发展需求。目前加拿大地质调查局还更新了国家首都地区的地球科学数据库,通过GIS系统完成了各类地图的数字化。在西欧一些国家,已经建立起完整的基于GIS平台的数据库管理系统。实施地下水资源的监测与保护战略,开展含水层脆弱性填图;合理解决未来不断出现的含水层污染问题,有效地管理地下水资源,已成为当前发达国家城市地质工作的主流。许多国家都建立了大规模的地下水监测网站,并采取一系列行动来实施地下水保护计划,如美国、加拿大、荷兰、英国等国家。目前,美国地下水污染治理战略已从处理(清除)转向防治。美国利用国家或大区域的水质计划(包括水质监测计划),通过含水层的脆弱性评价,进行土地规划或区划,实施水源保护和水流域保护计划,全面保护地下水资源,降低水污染。

从20世纪80年代后期开始,在国际水文科学协会(IAHS)和联合国教科文组织的推动下,欧美国家陆续开展了地下水脆弱性调查评价与填图。地下水脆弱性评价成为20世纪80年代末以来一些国际会议的主题,并出版了许多大比例尺地下水脆弱性图。

在西欧一些国家,英国地质调查所于1990年启动了一项为期15年的全国性

1:5×10⁴填图计划,包括伦敦、曼彻斯特、里丁3个城市的地质填图。“伦敦计算机化地下与地表地质”项目的实施目的是为伦敦城市地区的土地利用规划、环境管理、工程项目设计和土木工程建设提供支持。

在东欧一些国家,斯洛伐克地质局于1990年推出一项“布拉迪斯拉法—环境(非生物组成部分)”计划,其主要任务为:编绘首都布拉迪斯拉法市及周边地区的数字式地图并建立数据库;进行废物堆放场地填图;探测石油污染源及污染范围;确定不良环境效应的岩石构造走向和范围;编绘能反映痕量元素分布的地球化学——生态图集,并确定这些元素对环境二次污染的程度;编绘研究区的放射性图;确定和评价研究区的地震参数;编绘研究区的区域地磁和电磁烟雾图。

1.2.2 国内城市环境地质调查工作现状

我国自20世纪70年代末以来在一些城市的区域稳定性、地面沉降、地下水污染等问题方面进行了专题研究。例如在长江三角洲、珠江三角洲和闽南三角地区开展的水文地质、工程地质综合评价;对一些城市的大型重点工程的选址和建设进行的工程地质勘察;在严重缺水的秦皇岛、青岛等城市找到了大型的地下水水源;对建材、景观资源加强了调查工作。

1983年,原地质矿产部开展了“中国2000年城市地下水资源及环境地质问题预测”研究。内容直接关系到我国城市建设、工农业生产及人民生活水平的提高,为“中国2000年的环境”和“中国2000年水污染预测防治对策研究”提供了依据。先期对27座城市(包括京、津、沪与一些省城)进行了预测和对策研究,于1986年提交了正式成果。

1984年,原地质矿产部组织实施了包括深圳市、珠海市、汕头市、厦门市在内的21个沿海城市的水资源及地质环境评价项目。1984年12月,四川省地质矿产局科学技术处和科技情报室汇编完成了《城市地质基本问题和技术方法》,主要内容有:城市地质基本问题,城市地质技术方法,城市地质专题论文选,城市地质工作动态。

1985~1986年,天津市地质矿产局科技情报室编译了《天津地质——城市地质专辑》,介绍了美国、加拿大等国家一些大城市和中国香港的城市地质、城市地下水空间的研究和利用情况。

1986年7月,原地质矿产部和城乡建设环境保护部在北京联合召开了全国城市地质工作会议。原地质矿产部部长朱训在会议的总结报告中指出:“城市区域地质调查是进行城市水文地质、工程地质、环境地质研究的基础。直接目的主要是查明城市及其临近地区的区域地质构造条件,研究各种地质构造特征的相互联系和制约关



系,从而为评价工程地质条件、各种地质资源和地质环境奠定科学基础。为此,基础地质调查研究的范围不宜过小,应该是一个完整的地质单元。”同年8月,原地质矿产部区域地质矿产地质司编印了《城市1比5万区域地质调查的理论和方法》。同年12月在北京举行了第一届全国城市地质学术讨论会,介绍城市地质和城市地质学的论文陆续发表。

1993年8月在北京举办了“国际城市发展中的地球科学学术讨论会”。

中国地质学会城市地质研究会于1996年5月在西安召开专门会议,制订、编制出版《中国城市地质》专著的具体计划和编写大纲,建立了编委会和编委组,按计划开展工作,计划在1997年底编写出版充分反映国内外典型城市的研究成果,建立符合中国特色的城市地质理论体系和工作方法的高水平学术著作。

由国家自然科学基金委员会地学部、中国科学院地学部主办,中国科学院地质与地球物理研究所协办,辽宁省抚顺市人民政府承办的中国城市地球物理研究战略研讨会于2000年11月14日至16日在辽宁省抚顺市召开。大会认为:城市地球物理学是地球科学研究领域中的新兴学科,随着世界经济建设的不断提高,城市化速度加快,人类的生产活动与自然灾害对城市造成的危害也越来越大。城市化问题使得传统地球物理学的研究方法、研究对象和研究内容面临机遇和挑战。

2001年12月,国家自然科学基金委员会在香港大学召开了城市地球物理研讨会。中国香港从1991年起,一直在开发地学数据库(GSDB),用于对辖区的地质、地球物理和地球化学数据进行储存、综合、解译和展示。

2004年中国地质调查局根据城市化进程发展的需要,在全国部署了主要城市环境地质调查评价工作,四川、江西、云南等省成为首批示范研究单位。

从现状来看,我国系统的城市环境地质研究工作正在逐步开展,研究工作的深度和广度亟待开拓,定量的、微观的预测亟待加强,理论上的总结和大专院校《城市环境地质学》课程的开设亟待实现,否则无法赶上城市化的迅速发展。

1.3 研究内容及方法

本书在城市环境地质调查评价的基础上重点研究城市环境地质问题、环境地质问题经济损失评估、环境地质问题评价。研究方法以基础地质学、水文地质学、城市环境科学为基础,以活动论、系统论为指导,跟踪信息技术、计算机技术、数字模拟技术及图像处理技术的最新发展动向,充分利用RS、GPS、GIS等地理信息处理的新手段全面实现成果数字化。

第2章 城市自然地理及社会经济概况

2.1 自然地理概况

2.1.1 自然地理

四川省位于中国的西南腹地，东邻重庆，南接贵州和云南，西依西藏和青海，北靠甘肃和陕西。全省现辖成都市、自贡市、攀枝花市、泸州市、德阳市、绵阳市、广元市、遂宁市、内江市、乐山市、南充市、宜宾市、广安市、雅安市、达州市、巴中市、眉山市和资阳市 18 个市及阿坝、甘孜、凉山 3 个自治州，共计 21 市（州）、181 个县（市、区）级行政区（附图 1）。四川东西长 1075km，南北宽 921km，幅员 $48.5 \times 10^4 \text{km}^2$ ，总人口 8642.1 万人。民族以汉族为主，并有彝、藏、羌、苗、回族等 14 个少数民族，少数民族人口 360 万人，约占全省总人口的 4.4%。

四川各城市交通方便，有铁路、公路、水路、航空四大立体交通相通，境内铁路有成渝、宝成、成昆、内昆、襄渝、成达 6 条主干铁路线，均分布在东部地区。尚有成渝、成雅、成乐、成绵广、内宜、隆泸等高速公路以及省道和地方公路纵横交错，构成了四川地区四通八达的陆地交通网络。

2.1.2 气象与水文特征

四川省属暖湿的亚热带东南季风和干湿季节分明的亚热带西南季风交替影响区。气候的区域性、过渡性和复杂性特征突出。具有气候类型多，山地气候垂直变化大，季风气候明显，季节气候鲜明的区域特色和气象灾害种类齐全的特点。根据水、热和光照条件差异，四川分为四川盆地中亚热带湿润气候区、川西南山地热带半湿润气候区以及川西北高山高原高寒气候区三大部分。

四川盆地及周围山地属中亚热带湿润气候区，是城市分布最多的地区，热量条件好，年均温度 $16 \sim 18^\circ\text{C}$ ，积温达到 $5000 \sim 5800^\circ\text{C}$ 。气温日差较小、年差较大，冬暖夏热。盆地云量多，晴天少，全年日照时间较短，仅为 $1000 \sim 1400$ 小时，比同纬度的长江流域下游地区日照少 $600 \sim 800$ 小时。

川西南山地区气温较高，干湿季节分明，降水量较少，全年有 7 个月为旱季。



河谷地区受焚风影响形成典型的干热河谷气候，山地形成显著的立体气候。该区云量少，晴天多，日照时间长，年日照多为 2000~2600 小时，较盆地区日照多 1000~1600 小时。

川西北高山高原区海拔高差大，气候立体变化明显，从河谷到山脊依次出现亚热带、暖温带、中温带、寒温带、亚寒带、寒带。总体上以寒温带气候为主。

气候的总体特征是河谷干暖，山地冷湿，光照丰富，降水量少。全省多年平均降水总量 $4869.7 \times 10^8 \text{m}^3$ ，平均年降水量 1003.1mm，但时空分布极不均匀，地区差异和年际年内变化大。在地域分布上，盆地周围山地区降水相对丰沛，降水量在 1200~1600mm，而盆地内、川西北高原及金沙江干热河谷为降水低值区，因受地形影响，形成局部的降水高值区和低值区及高低中心相间分布的复杂状况。在年内分配上，70%以上的降水量都集中在 6~9 月，而 12 月至次年 3 月的降水量仅占 10% 左右。连续 4 个月最大降水量占全年降水量的百分比是，由东部边缘的 55% 递增到西部边缘的 80%。

四川境内河流众多，源远流长，除西北的白河、黑河属黄河水系外，其余均属长江水系。全省流域面积在 100km^2 以上的河流 1229 条，其中 1000km^2 以上的河流 146 条， $10\,000\text{km}^2$ 以上的河流 19 条。西部、西南部和盆地周围山地区江河发育，河流具有山区河道特征，谷坡陡峻，河道弯曲，比降大，流水切割强烈。平原区和盆地内河流平缓，河道宽阔，阶地平坝发育，大多数城市发育于此，往往依山傍水，与河流息息相关。

2.1.3 生态环境特征

四川省植被类型多样，植物种类异常丰富。全省林地面积 $18.5825 \times 10^4 \text{km}^2$ ，其中森林面积 $11.53 \times 10^4 \text{km}^2$ ，森林覆盖率只有 28.98%。森林分布不均，西部多、东部少；东部又是盆地周围山地区多，盆地中部少，山区多，丘陵区少。盆地中部覆盖率仅 5% 左右。西部甘孜、阿坝、凉山三州及雅安地区集中了全省 70% 的森林面积。城市生态建设总体较好，根据 2004 年资料统计，四川城市建成区绿化覆盖率达 25.77%，全省人均公共绿地面积 6.88m^2 。其中遂宁市人均公共绿地面积最高，达 8.54m^2 ；内江市最低，为 3.44m^2 ，仅占全省人均公共绿地面积的 50%。攀枝花市建成区绿化覆盖率最高，达 40.86%；内江市仅达 15.51%，为全省建成区平均绿化覆盖率的 60.19%。各城市的建成区绿化覆盖率、人均公共绿地面积统计情况如表 2-1 所示。

表 2-1 2004 年四川省主要城市人均公共绿地、建成区绿化覆盖率统计表

城市名称	建成区面积 (km ²)	人 口 (万人)	人均公共绿地面积 (m ²)	建成区绿化覆盖率 (%)
成都市	283	604	6.98	29.32
德阳市	37	40	7.48	17.09
眉山市	28	27	6.63	21.23
绵阳市	47	66	8.54	34.36
乐山市	30	31	6.06	28.09
遂宁市	39	47	8.54	16.00
达州市	30	46	6.23	17.21
泸州市	30	43	9.32	31.1
宜宾市	32	39	8.22	24.26
巴中市	17	20	4.37	28.88
自贡市	42	50	4.27	30.49
广元市	22	30	6.19	20.23
雅安市	15	17	6.61	25.27
广安市	43	46	7.65	25.17
内江市	29	40	3.44	15.15
南充市	39	49	8.15	27.71
资阳市	18	22	5.86	19.81
攀枝花市	42	51	6.49	40.86
西昌市	27	32	2.69	15.20
康 定	3	4	3.5	20
马尔康	2	3	5	35

2.2 自然 资源

2.2.1 土地资源

四川省自然资源丰富,是我国的资源大省,尤其是水资源、水能资源、矿产资源、生物资源及旅游景观资源都名列全国前列。

四川省土地资源丰富,土地总面积为 $48.8884 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中耕地 $6.5928 \times 10^4 \text{ km}^2$,占土地总面积的 13.48%,人均耕地 820 m^2 ,低于全国平均水平,其余土地为非耕地,有园地、林地、牧草地、城乡居民点及工矿用地、交通用地、水域、未利用土地等。土地资源利用情况如表 2-2 所示。按土地类型分又有山地面积占