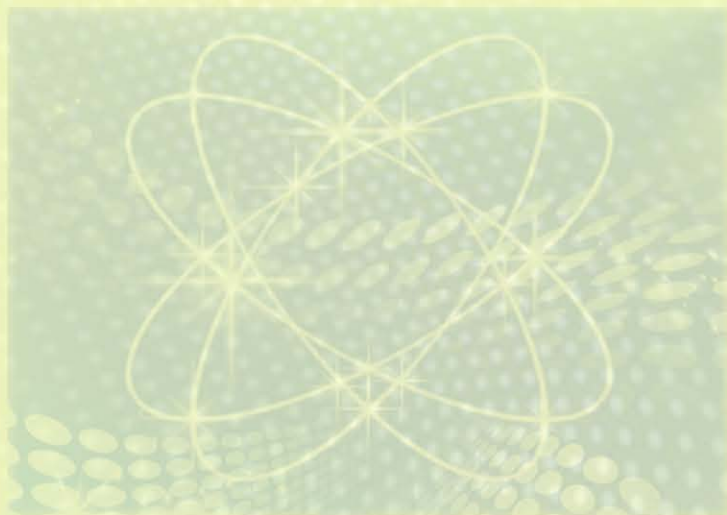


# 中国西南喀斯特山区生态保护研究

申小云 主编



兰州大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

中国西南喀斯特山区生态保护研究/申小云主编.  
—兰州:兰州大学出版社,2011.12  
ISBN 978-7-311-03778-9

I. ①中… II. ①申… III. ①喀斯特地区—生态环境—环境保护—研究—西南地区 IV. ①P642.252.27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 256931 号

策划编辑 张宏发  
责任编辑 张 萍 佟玉梅 裴 奔  
封面设计 刘 杰

---

书 名 中国西南喀斯特山区生态保护研究  
作 者 申小云 主编  
出版发行 兰州大学出版社 (地址:兰州市天水南路 222 号 730000)  
电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)  
0931-8914298(读者服务部)  
网 址 <http://www.onbook.com.cn>  
电子信箱 [press@lzu.edu.cn](mailto:press@lzu.edu.cn)  
印 刷 兰州德辉印刷有限责任公司  
开 本 787 mm × 1092 mm 1/16  
印 张 22.5 (插页 4)  
字 数 528 千  
版 次 2011 年 12 月第 1 版  
印 次 2011 年 12 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-311-03778-9  
定 价 50.00 元

---

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

## 前 言

西南喀斯特山区,是我国碳酸盐岩分布最集中的地区,受地理位置和气候的影响,生态环境极为脆弱敏感。在近代前所未有的人口激增与社会经济快速发展的冲击下,资源开发与经济发展逐步加速,西南喀斯特山区生态环境也正经历着巨大的变化。由于自然因素和人为因素的长期共同影响,水土流失严重,森林防护效应削弱,植被退化加剧,石漠化日趋严重,自然灾害频发,环境污染严重,生态系统逆向演替,生态环境持续恶化,西南喀斯特山区已面临生态危机,已经严重影响到社会经济的可持续发展。

因此,如何有效防止西南喀斯特山区生态环境的进一步恶化,保护和恢复生态,培育健康、平衡、稳定的生态系统,积极实施生态保护和建设对于改变喀斯特山区落后面貌,促进整个西南地区的社会、经济和生态和谐、高效、可持续发展具有重要的战略意义。这一命题,对于我国西南喀斯特山区来说更具有特殊性和挑战性,围绕该命题进行多学科研究,理清造成目前生态危机的根本原因和基本机理,针对性地提出生态保护和建设的战略思路 and 对策,科学构建生态保护和建设有效机制,建设西南喀斯特山区功能性完整的生态体系,逐步形成生态、经济、社会和谐统一的可持续发展,是我们当前面临的重要使命。

本书包括8个部分,囊括了有关我国西南喀斯特山区生态保护研究的主要内容。首先,简要介绍了喀斯特自然地理地貌、形成与分类等,概述了中国喀斯特地貌的概况,进而对中国西南喀斯特山区的地理区域、自然环境、气候特征、生态系统基本特征及多样性等特点进行了总体和分区域的介绍与阐述(第一章),并对西南喀斯特山区生态环境问题、生态胁迫危机及其成因,以及生态保护的价值和战略意义进行了阐释和分析(第二章);然后,着重从西南喀斯特山区农牧业发展、工矿产业发展、民族文化与生态保护的耦合关系以及自然保护区的生态建设等方面进行分析,分别就西南喀斯特山区农业、畜牧业与生态保护及其可持续发展问题进行详细阐述分析(第三章),工矿产业开发对生态环境的影响及其相互间可持续发展模式(第四章),非物质文化遗产、原生态文化以及传统农业文化等民族文化的生态保护价值及其与生态环境保护的关系(第五章),自然保护区的发展概况、物种多样性保护以及可持续发展(第六章)等诸多问题;最后,对西南喀斯特山区生态补偿机制的构建、意义及其完善机制的对策等方面进行了阐释(第七章),并从生态保护法制化的基础、体系构建及其对策等方面分析了西南喀斯特山区生态保护法制化建设的重要性和必要性。

本书自构思到编写完成的整个过程,我们阅读、搜集和整理了大量资料和相关领域的学术著作与文献。书中所引用了科研人员之前在该领域多年的数据资料,这些科研成果为本书顺利完成奠定了坚实基础,在此对本书中所引用的相关资料和文献作者致以崇高的敬意!同时,本书的完成也得到了现代农业产业体系专项资金(CARS-40-30)、毕节学院生态学重点学科建设项目(2008—2011)、贵州省科技支撑计划项目(NY20073008; NY20103041; NY20113067)、重庆科技学院科技创新人才团队项目(2007—2010)、毕节地区行署专项(200820473-80)等项目的资助,在此深表感谢。

在本书编写中,我们力求资料翔实、数据可靠、分析透明、论证全面、观点客观,编写期间,新的研究和新的文献不断涌现,我们也尽量将主要的新文献收入书中。尽管如此,仍然未能将西南喀斯特山区生态保护研究的内容都介绍和阐述全面。限于学术和水平,我们可能对该领域的认识和研究尚显粗浅,疏漏和不足之处在所难免,敬请同行专家和读者批评指正。

申小云  
2011年10月

# 目 录

## 第一章 西南喀斯特山区地理区域及生态特点 / 001

### 第一节 喀斯特自然地理地貌概述 / 001

#### 一、喀斯特简介 / 001

#### 二、喀斯特地形的形成和分类 / 002

#### 三、喀斯特的开发利用 / 003

#### 四、中国喀斯特地貌概况 / 005

#### 五、西南喀斯特山区范围与自然环境地理概况 / 007

### 第二节 西南喀斯特山区气候特征 / 016

#### 一、西南喀斯特山区气候基本特征 / 016

#### 二、西南喀斯特山区气候的能量与物质基础 / 017

#### 三、影响西南喀斯特山区气候的大气环流与天气系统 / 019

#### 四、地形在西南喀斯特山区气候形成中的作用 / 021

#### 五、西南喀斯特山区近 50 年来的气候变化特征 / 023

### 第三节 西南喀斯特山区生态系统基本特征 / 027

#### 一、西南喀斯特山区生态系统多样性特性 / 027

#### 二、西南喀斯特山区岩溶、石漠化基本情况 / 029

#### 三、喀斯特生态系统是受地质条件制约的生态系统 / 031

#### 四、西南喀斯特山区植被分布及覆盖特征 / 032

### 第四节 西南喀斯特山区的生物多样性 / 038

#### 一、贵州生物多样性概况 / 038

#### 二、云南生物多样性概况 / 042

#### 三、广西壮族自治区生物多样性概况 / 044

#### 四、四川生物多样性概况 / 046

#### 五、重庆生物多样性概况 / 048

#### 参考文献 / 050

## 第二章 西南喀斯特山区的生态环境问题与成因 / 054

### 第一节 西南喀斯特山区生态环境问题 / 054

一、概述 / 054
二、西南喀斯特山区的生态危机 / 055
三、贵州喀斯特山区的生态环境问题 / 059
四、西南喀斯特山区石漠化环境问题现状 / 065
第二节 西南喀斯特山区生态胁迫危机与影响 / 067
一、西南喀斯特山区生态脆弱区类型及特征 / 067
二、西南喀斯特山区生态危机对社会经济的影响 / 071
三、石漠化正在吞噬人类最基本的生存条件 / 073
第三节 西南喀斯特山区生态问题的成因 / 074
一、西南喀斯特山区生态危机产生的根源 / 074
二、西南喀斯特山区岩溶环境问题根源分析 / 075
三、喀斯特石漠化的形成背景 / 076
四、贵州喀斯特生态系统退化成因 / 078
五、西南喀斯特山区生态环境的辩证分析 / 081
第四节 西南喀斯特山区生态保护的价值与意义 / 084
一、西南喀斯特山区实施生态保护的现实意义 / 084
二、西南喀斯特山区生态保护的战略意义 / 086
三、喀斯特山地退化生态系统植被恢复效益分析 / 088
参考文献 / 089
<b>第三章 西南喀斯特山区农牧业发展与生态保护 / 092</b>
第一节 西南喀斯特山区农业与生态保护 / 092
一、发展生态农业,促进生态文明建设 / 092
二、贵州农业生态环境保护研究 / 094
三、农业生态环境保护的对策研究 / 100
第二节 西南喀斯特山区畜牧业与生态保护 / 103
一、发展现代生态畜牧业,推进生态环境保护 / 103
二、喀斯特山区发展草地生态畜牧业的优势和潜力 / 104
三、发展草地生态畜牧业,促进石漠化治理 / 106
四、草地生态畜牧业治理石漠化的模式 / 107
五、石漠化的治理与发展草地畜牧业的建议与对策 / 109
第三节 西南喀斯特山区农业可持续发展研究 / 110
一、农业可持续发展的基本理论 / 110
二、农业多功能性与农业可持续发展 / 114

三、喀斯特山区农业可持续发展的基本条件 / 119	
四、喀斯特山区农业可持续发展战略选择 / 124	
五、喀斯特山区农业可持续发展评价 / 130	
第四节 西南喀斯特山区畜牧业可持续发展研究 / 141	
一、畜牧业可持续发展的内涵和特征 / 141	
二、喀斯特山区生态畜牧业可持续发展的系统模式 / 141	
三、“农—草—畜”耦合是喀斯特山区畜牧业可持续发展的关键 / 144	
四、畜牧业循环经济——新型畜牧业发展模式的构建 / 146	
五、喀斯特山区畜牧业可持续发展的战略重点 / 149	
六、喀斯特山区畜牧业可持续发展评价 / 154	
参考文献 / 158	
<b>第四章 西南喀斯特山区工矿产业发展与生态保护 / 160</b>	
第一节 西南喀斯特山区工矿业开发对生态环境的影响 / 160	
一、西南喀斯特山区矿产资源与开发利用现状 / 160	
二、矿业开发引发的主要生态环境问题 / 164	
三、矿业开发与生态保护的主要矛盾分析 / 167	
四、矿业开发生态环境问题的影响因素 / 168	
五、矿业生态环境问题的历史溯源 / 170	
第二节 工矿业生态系统与矿业可持续发展 / 170	
一、工业生态学概念 / 170	
二、矿冶工业生态系统与可持续发展 / 173	
第三节 西南喀斯特山区工业生态化可持续发展模式 / 177	
一、喀斯特山区选择工业生态化发展模式的理论依据 / 178	
二、喀斯特山区选择工业生态化发展模式的现实依据 / 180	
参考文献 / 182	
<b>第五章 西南喀斯特山区民族文化与生态保护 / 183</b>	
第一节 西南喀斯特山区民族文化概况 / 183	
一、民族文化类型的分类依据 / 183	
二、西南喀斯特山区民族经济文化类型 / 184	
三、西南喀斯特山区民族能量文化类型 / 187	
四、西南喀斯特山区典型民族的生态文化 / 191	
第二节 西南喀斯特山区民族文化的生态保护价值 / 195	
一、西南喀斯特山区民族传统文化中的生态科学 / 195	

- 二、西南典型民族生态文化中的生态保护思想 / 197
- 三、西南喀斯特民族传统文化对生物多样性的影响 / 199
- 四、西南喀斯特环境与民族文化的耦合关系 / 202
- 第三节 西南喀斯特山区非物质文化遗产的生态保护 / 205
  - 一、非物质文化遗产的生态系统 / 205
  - 二、西南喀斯特山区非物质文化遗产生态环境保护——以贵州省为例 / 208
  - 三、西南喀斯特原生态文化与非物质文化遗产保护 / 213
- 第四节 西南喀斯特山区传统农业文化与生态保护 / 216
  - 一、传统农业文化与农业现代化 / 216
  - 二、西南喀斯特山区农业文化遗产保护 / 219
  - 三、西南喀斯特传统稻鱼农业文化与生态保护 / 222
- 参考文献 / 225
- 第六章 西南喀斯特山区自然保护区的生态建设 / 228
  - 第一节 喀斯特山区自然保护区的发展与现状 / 228
    - 一、自然保护区的涵义 / 228
    - 二、西南喀斯特山区自然保护区发展概况 / 230
  - 第二节 西南喀斯特自然保护区物种多样性保护 / 238
    - 一、自然保护区在保护生物多样性中的作用和意义 / 238
    - 二、西南喀斯特自然保护区物种多样性保护的效果 / 241
    - 三、贵州喀斯特自然保护区生物多样性及保护 / 244
  - 第三节 西南喀斯特自然保护区的可持续发展 / 246
    - 一、用生态经济学原理科学管理自然保护区 / 246
    - 二、西南喀斯特自然保护区可持续发展的特点及意义 / 250
    - 三、喀斯特自然保护区生态旅游开发与可持续发展研究 / 253
    - 四、促进喀斯特自然保护区与当地社区的和谐发展 / 260
  - 参考文献 / 263
- 第七章 西南喀斯特山区生态补偿机制及对策 / 265
  - 第一节 生态补偿的理论基础与应用发展 / 265
    - 一、生态补偿概念的提出与演化 / 265
    - 二、生态补偿的基本涵义 / 267
    - 三、生态保护补偿机制的理论基础与性质 / 269
    - 四、生态补偿机制的基本原则和主要模式 / 275
    - 五、价值补偿与生态补偿的比较 / 277

第二节 西南喀斯特山区建立生态补偿机制的意义 / 279	
一、西南喀斯特山区生态补偿的现状 / 279	
二、建立西南喀斯特山区生态补偿机制的重要意义 / 285	
三、建立西南喀斯特山区生态补偿机制的必要性 / 287	
第三节 西南喀斯特山区生态补偿机制的构建 / 289	
一、西南喀斯特山区农业生态补偿利益和谐机制的构建 / 289	
二、西南喀斯特山区森林生态效益补偿机制的构建 / 294	
三、西南喀斯特山区草地生态补偿机制的构建 / 300	
第四节 喀斯特山区建立和完善生态补偿机制的对策 / 307	
一、完善和创新西南喀斯特山区生态补偿制度的建议 / 307	
二、建立西南喀斯特山区农业生态补偿机制的对策 / 308	
三、完善森林生态效益补偿机制的对策 / 311	
四、喀斯特山区水土保持生态补偿机制的保障措施 / 313	
五、喀斯特山区水资源生态效益补偿制度的构建与完善 / 314	
参考文献 / 316	
<b>第八章 西南喀斯特山区生态保护的法制化建设 / 320</b>	
第一节 生态保护的法制化基础 / 320	
一、生态保护法制化的理论基础 / 320	
二、生态保护法制化的生态法律关系 / 325	
第二节 西南喀斯特山区生态保护法制化体系的构建 / 328	
一、喀斯特脆弱生态环境可持续发展的法律思考 / 328	
二、喀斯特山区生态保护法制化体系的设计原则 / 330	
三、构建喀斯特山区生态环境保护的基本法律制度 / 333	
第三节 西南喀斯特山区生态保护法制化建设对策 / 337	
一、西南喀斯特山区防治石漠化法制建设对策 / 337	
二、西南喀斯特山区生物多样性保护的法律对策研究 / 343	
参考文献 / 348	

# 第一章 西南喀斯特山区地理区域及生态特点

## 第一节 喀斯特自然地理地貌概述

### 一、喀斯特简介

#### (一)“喀斯特”名称的由来

19世纪末,南斯拉夫学者司威治发现位于南斯拉夫和意大利交界处的狄纳尔里克山西北部的伊斯特拉半岛碳酸盐岩高原上,发育着奇形怪状的地形,在此之前,人们对这样的地形,还没有统一的科学称谓。因为“喀斯特”是南斯拉夫西北部伊斯特拉半岛碳酸盐岩高原的地名,当地称为Kras,意为“岩石裸奔的地方”,故司威治使用该高原的名字,把这种地形称为喀斯特(karst)地形。从此各国科学家纷纷仿效,一致将发育在可溶性岩石地区的这种奇特地形,统称为喀斯特地形。近代喀斯特研究发轫于该地而得名。

喀斯特一词在中国沿用了很长时间。1966年在广西桂林召开的第2次全国喀斯特学术会议上,一些学者认为喀斯特一词无法反映这种地形的成因,建议将其改为“岩溶”,意指这种地形是因地表水和地下水对可溶性岩石进行长期溶蚀和侵蚀后形成的。从此,中国的教科书和学术刊物上,喀斯特被岩溶所取代。岩溶一词虽被广泛运用,但有些学者为了和国际上统一起来,又不断使用喀斯特一词,致使岩溶和喀斯特在中国成为并用的同义词。

中国是世界上对喀斯特地貌现象记述和研究最早的国家,早在晋代即有记载,尤以明徐宏祖(1586—1641年)所著的《徐霞客游记》记述最为详尽。300多年前,中国明代地理学家徐霞客不畏艰辛,详细考察了广西、云南、贵州一带的石灰岩地形,探寻记述了100多个地下溶洞,为中国喀斯特地形的研究,作出了不可磨灭的卓越贡献。

喀斯特地形在世界上分布很广,凡有可溶性岩石(主要是石灰岩,其次为白云岩、石膏等)分布的地区,都会发育喀斯特地形。喀斯特地形在中国分布面积约130万km<sup>2</sup>,其中西南几省区就达55万km<sup>2</sup>。广西的桂林山水、云南的路南石林,均为闻名于世的喀斯特地形。喀斯特地形包括地表和地下两部分。

#### (二)喀斯特地形的介绍

喀斯特地形(karst landform)也称喀斯特地貌,是具有溶蚀力的水对可溶性岩石进行溶蚀等作用所形成的地表和地下形态的总称,又称岩溶地貌。一般指碳酸盐类岩石分布地区或存在流经石灰岩的地下水所特有的地貌现象。当雨水或者地下水与地面碳酸盐类岩石接触时,就会有少量碳酸盐溶于水。经过长时期的溶解侵蚀,形成了以地表岩层千

沟万壑为标志的地表特征。

喀斯特是碳酸盐类岩石分布地区特有的地貌现象。在喀斯特地貌下往往存在地下河、溶洞等景象。水对可溶性岩石所进行的作用,统称为喀斯特作用;它以溶蚀作用为主,还包括流水的冲蚀、潜蚀,以及坍塌等机械侵蚀过程,这种作用及其产生的现象统称为喀斯特。

喀斯特地形分布在世界各地的可溶性岩石地区。可溶性岩石有3类:①碳酸盐类岩石(石灰岩、白云岩、泥灰岩等);②硫酸盐类岩石(石膏、硬石膏和芒硝);③卤盐类岩石(钾、钠、镁盐岩石等)。总面积达5 100万 km<sup>2</sup>,占地球总面积的10%。从热带到寒带、由大陆到海岛都有喀斯特地形发育。较著名的区域有中国广西、云南和贵州等省(区),越南北部,南斯拉夫狄那里克阿尔卑斯山区,意大利和奥地利交界的阿尔卑斯山区,法国中央高原,俄罗斯乌拉尔山,澳大利亚南部,美国肯塔基州和印第安纳州,古巴及牙买加等地。中国喀斯特地形分布广、面积大,主要分布在碳酸盐岩出露地区,面积为91万~130万 km<sup>2</sup>。其中以广西、贵州、云南和四川、青海(云贵高原)东部所占的面积最大,是世界上最大的喀斯特区之一;西藏和北方一些地区也有分布。

喀斯特可划分为许多不同的类型。按出露条件分为:裸奔型喀斯特、覆盖型喀斯特、埋藏型喀斯特。按气候带分为:热带喀斯特、亚热带喀斯特、温带喀斯特、寒带喀斯特、干旱区喀斯特。按岩性分为:石灰岩喀斯特、白云岩喀斯特、石膏喀斯特、盐喀斯特。此外,还有按海拔高度、发育程度、水文特征、形成时期等不同的划分。由其他不同成因而产生形态上类似喀斯特的现象,统称为假喀斯特,包括碎屑喀斯特、黄土和黏土喀斯特、热融喀斯特和火山岩区的熔岩喀斯特等。它们不是由可溶性岩石所构成的,在本质上不同于喀斯特。

喀斯特地形在碳酸盐岩地层分布区最为发育。该区岩石突露、奇峰林立,常见的地表喀斯特地形有石芽、石林、峰林、喀斯特丘陵等喀斯特正地形,溶沟、落水洞、盲谷、干谷、喀斯特洼地等喀斯特负地形;地下喀斯特地形有溶洞、地下河、地下湖等;以及与地表和地下密切相关联的竖井、芽洞、天生桥等喀斯特地形。

喀斯特研究在理论和生产实践上都有重要意义。喀斯特山区有许多不利于生产的因素,需要克服和预防,也有大量有利于生产的因素可以开发利用。喀斯特矿泉、温泉富含有益元素和气体,有医疗价值。喀斯特洞穴和古喀斯特面上各种沉积矿产较为丰富,古喀斯特潜山是良好的储油气构造。喀斯特山区的奇峰异洞、明暗相间的河流、清澈的喀斯特泉等,是很好的旅游资源。

## 二、喀斯特地形的形成和分类

### (一)喀斯特地形的形成

喀斯特地形的形成是石灰岩地区地下水长期溶蚀的结果。石灰岩的主要成分是碳酸钙(CaCO<sub>3</sub>),在有水和二氧化碳时发生化学反应,生成碳酸氢钙[Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]:



后者可溶于水,于是会有空洞形成,并逐步扩大。

喀斯特地形的形成通常是温带气候地区 pH 值较低的酸性雨和石灰岩层所造成的。随着地表下的岩石不断与水反应,将不溶的碳酸盐在与二氧化碳的共同作用下不断生成可溶但不稳定的碳酸氢盐,在排水较好的地下岩层就能形成一个大的溶洞。溶洞中的水

在流动时,其溶解的碳酸氢盐就可能分解,再度形成不溶的碳酸盐沉降在地面。溶洞中从高处落下这样的水滴就可能在很短的时间内将碳酸盐沉降在溶洞顶部,而另一部分则会在地面沉降。上部的碳酸盐沉降往往形成一个倒锥形的钟乳石,而地面上会形成形如其名的石笋。

促使喀斯特地形发育的关键条件有三个:①地表附近有节理发育的致密石灰岩;②中等到较大的降雨量;③地下水循环畅通。

喀斯特地形的地表崎岖、土壤十分贫瘠,不利于农业发展,因此在云贵高原有“地无三里平,天无三日晴,人无三两银”的俗语。但其千沟万壑的特色却受到观光客的青睐。

## (二)喀斯特地形分类

按其发育演化,喀斯特地形可分为6种:

(1)地表水沿灰岩内的节理面或裂隙面等发生溶蚀,形成溶沟(或溶槽),原先成层分布的石灰岩被溶沟分开成石柱或石笋。

(2)地表水沿灰岩裂缝向下渗流和溶蚀,超过100 m深后形成落水洞。

(3)从落水洞下落的地下水到含水层后发生横向流动,形成溶洞。

(4)随地下洞穴的形成地表发生塌陷,深度大面积小的塌陷,称坍塌漏斗;深度小面积大的则称陷塘。

(5)地下水的溶蚀与塌陷作用长期结合的作用,形成坡立谷和天生桥。

(6)地面上的上升,原溶洞和地下河等被抬出地表形成干谷和石林,地下水的溶蚀作用在旧日的溶洞和地下河之下继续进行。

云南路南的石林是上述第一阶段(溶沟阶段)的产物,这里的自然风光因阿诗玛姑娘的动人传说而变得格外旖旎。桂林的象鼻山,则是原地下河道出露地表形成的。在广西境内,经常可看到这种抬升到地表以上的溶洞,俗称“神女镜”或“仙女镜”。

## 三、喀斯特的开发利用

喀斯特地形不仅风景优美奇丽,是发展旅游事业的一种可贵的天然资源,而且喀斯特山区对于人们的生活和生产建设也有着十分密切的关系。

喀斯特山区地表异常缺水和多洪灾,对农业生产影响很大。但地下水蕴藏丰富,径流系数在热带喀斯特区域为50%~80%,在亚热带喀斯特区域为30%~40%,在温带喀斯特区域为10%~20%。在华北一些石灰岩分布地区,地下水在山前以泉的方式流出,如北京玉泉山的泉水、河南辉县的百泉、山西太原的晋祠泉、阳泉的娘子关泉和济南的趵突泉等。合理开发利用喀斯特泉,对工农业的发展有重要意义。在南方多地下河,可采用引喀斯特泉堵地下河、钻井提水等方法解决工农业用水。地下河纵剖面呈阶梯状,有丰富的水能资源,可以筑坝发电。如云南丘北六郎洞水电站,是中国第一座利用地下河的水电站。湘、黔也利用这种优越条件建造了多座400 kW以上的地下水电站。喀斯特山区的地下洞穴,常造成水库渗漏,对坝体、交通线和厂矿建筑等构成不稳定的因素。研究和探测地下洞穴的分布,及时采取措施,是喀斯特山区建设成功的关键。

中国劳动人民对于喀斯特地形的认识、利用和改造有着悠久的历史。早在公元前214年(秦朝),劳动人民就在喀斯特分布的广西兴安地区凿通了长达30 km的灵渠,连接湘、漓两江,沟通了长江与珠江两大水系,成功地建成了中国喀斯特山区第一个大型水利工

程,充分显示出中国古代劳动人民改造自然的智慧和能力。1800年前的东汉时期,山西人民就利用晋祠附近的喀斯特泉水灌溉大片田地。900年前的北宋时期,沈括在他的《梦溪笔谈》一书中就论述过石钟乳的成因。300年前的明朝,徐霞客在考察了华南、西南等地区后,在他的名著《徐霞客游记》中更对喀斯特现象作了较详细的记载和初步的分类。

中国西南喀斯特山区位于湿热多雨的亚热带气候区,这本来是有利于农作物生长的,但由于喀斯特发育的石灰岩地区多裂缝空洞,雨水、地面水极易漏失,造成农田受旱;另一方面,因缺乏地表排水系统的封闭洼地地形,雨季又极易受涝,故西南许多地区自古以来就有“旬日无雨地干裂,一场大雨遭水淹”和“地面水贵如油,地下水滚滚流”的说法。

新中国成立后,中国水文、地质、地理等有关科研工作者对喀斯特山区进行了深入的调查,尤其是对地下河的利用进行了较深入的研究,并已取得了许多可喜的成绩。

广西各族人民仿照兴修地表水利工程的经验,因地制宜地分别兴建了引、蓄、提、排等利用喀斯特山区下河的水利工程。所谓“引”就是引水出洞,当地下河从海拔较高的地区向较低的地区流时常有较大的水位落差,这样就可以在洞内高水位处筑坝拦水,并开凿渠道、隧洞,把本来未出露地表或出露地表较低的地下水引出洞外,灌溉谷地或平原上的农田。当水位落差较大时,还可以用来兴建水电站,再利用尾水灌溉农田,做到一水多用。“蓄”就是堵洞蓄水,在工程地质条件有利的地下河段修建地下坝,截断地下河,壅高上游地下水位,造成地下水库。有的在上游有利的地形条件下溢出地表,自流灌溉;有的因水位抬高,可以减少抽水扬程,便于提水;有的利用地下水库造成的水头差,兴建地下水电站。“提”就是安泵提水,根据喀斯特水出露和动态变化的特点,采用不同的提水设备和方法,如把水泵安装在船上,或把水泵安装在可沿轨道滑动的车架上,根据水位涨落升降水泵位置,这叫做滑道式泵站。其他如电梯式泵站、深井泵、潜水泵等也能适用于水位多变的地下河的抽水。广西人民还在地下河中选择有利的水力、洞体条件,兴建了许多座地下水轮泵站,利用地下水水力把水送上数十米至百多米以上的地面或山上灌溉农田。也有利用地下河天然落差兴建地下水水力发电站或兼有提水、发电之利的地下泵电站。“排”就是凿洞排水,当邻近有更低一级的洼地或谷地时,可直接开凿排洪隧洞以防涝;没有这种有利地形条件时,则主要是开辟扩大和疏通洼地中的落水洞和天然地下河道,扩大泄洪能力,以解除或减轻洪涝危害。

喀斯特山区有丰富的矿床,例如石灰岩、白云岩、大理石、石膏和岩盐等。在喀斯特剥蚀面上和洼地中沉积有铝土矿,古溶洞和裂隙中沉积有铅、锌、硫化物、汞等砂矿体,地下溶洞也是富集石油和天然气的良好场所,华北地区的一些油田就是位于喀斯特区域。有些溶洞可做地下厂址和地下仓库。

石灰岩是烧制石灰、水泥的重要原料。在喀斯特溶洞中,由于流水的作用,往往富集了各种砂矿,中国著名的个旧锡矿就是这样形成的。至于在广大的喀斯特山区发展工农业生产,就需要对这些地区的地质、地貌、水文等情况进行深入的调查研究。因为只有了解了那里的水文情况,才能调查出地下水的储量,解决供水问题。只有在充分研究和掌握了喀斯特地形的发育规律以后,才能在建设矿山和修建交通线路过程中避免发生溶洞崩塌等事故,才能较好地选择水库坝址,解决漏水问题。而喀斯特溶洞还是冷藏物资和进行某些科学实验的好场所;洞穴中的古生物化石更是历史学家和考古学家的宝贵资料。

在生产建设实践中,对喀斯特的改造和利用已取得了多方面的成就和经验。如石灰岩山区造田造地;利用天然溶洞建设有利于战备防空的地下工厂和车间;利用天然溶洞四季

温差小的特点,建设低温、恒温仓库和车间等。广西人民在喀斯特强烈发育的地区进行城市、工矿、道路建设的实践中,对于与溶洞、地下河有关的稳定性、沉陷、漏水等问题的勘测和处理方面也积累了丰富的经验。喀斯特山区已不只是一种具有游览观赏价值的令人神往的优美风景区,而且在社会主义建设中将发挥出越来越大的作用。

中国喀斯特发育的多轮回和地带性特点,形成了各具特色的、千姿百态的喀斯特地貌景观,是中国重要的旅游资源。桂林山水、路南石林、四川九寨沟、贵州黄果树等都已成为闻名于世的游览胜地。

#### 四、中国喀斯特地貌概况

##### (一) 中国喀斯特地貌分布与发展

在中国,喀斯特地貌分布广泛,类型之多,为世界罕见,作为喀斯特地貌发育的物质基础——碳酸盐类岩石(如石灰石、白云岩、石膏和岩盐等)分布很广。据不完全统计,碳酸盐类岩分布总面积达 200 万  $\text{km}^2$ ,约占全国总面积的 1/5;其中裸露的碳酸盐类岩石面积约 130 万  $\text{km}^2$ ,约占全国总面积的 1/7;埋藏的碳酸盐岩石面积约 70 万  $\text{km}^2$ 。碳酸盐岩石在全国各省区均有分布,其中桂、黔、滇东部地区、湘西和鄂西等地分布 42.6 万  $\text{km}^2$ ,占全国喀斯特岩溶面积的 32.8%,是全国面积最大、分布最集中的一片,而且又是纯碳酸盐分布最集中的区域,占全国的 69.83%,即近 70% 的纯碳酸盐分布于西南地区;夹层(以纯碳酸盐为主,夹有少数非碳酸盐岩层)占全国的 33.4%,互层(碳酸盐岩与非碳酸盐岩交替出现)占 8.56%,间层(以非碳酸盐为主,间有少许碳酸盐岩)占 27.17%。在西南喀斯特山区岩溶中,纯岩溶与夹层面积为 73.81%,是岩溶区治理难度最大与最集中的区域。此外,川东、鲁、晋等地,碳酸盐岩石分布的面积也较广。见图 1-1 所示(另见彩版)。

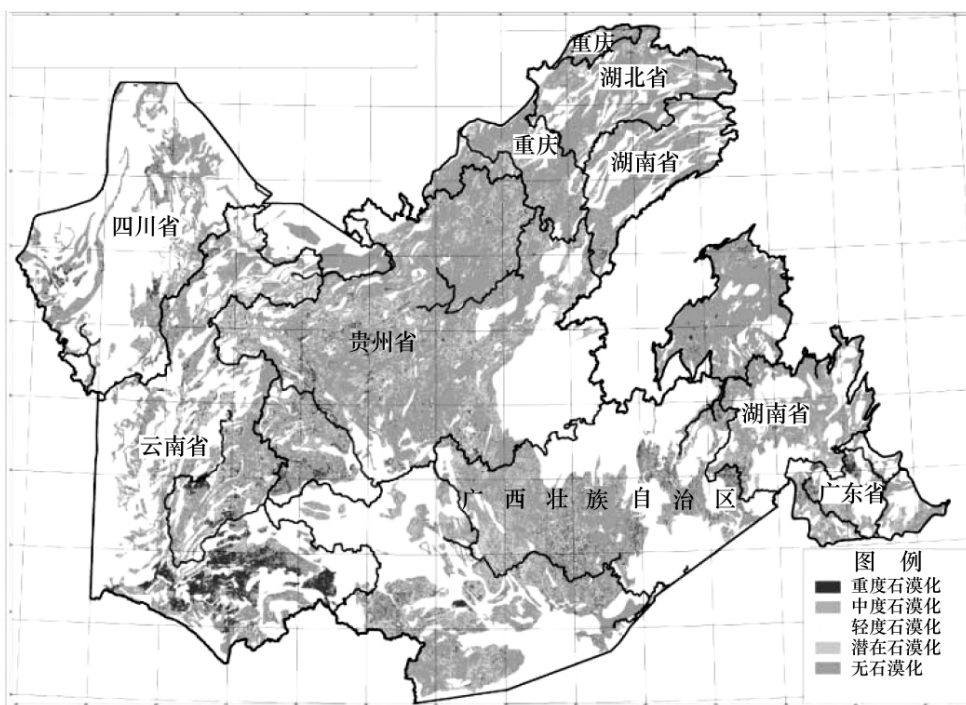


图 1-1 西南喀斯特山区岩溶石漠化现状分布图

中国现代喀斯特是在燕山运动以后准平原的基础上发展起来的。在老第三纪时,华南为热带气候,峰林开始发育;华北则为亚热带气候,至今在晋中山地和太行山南段的一些分水岭地区还遗留有缓丘—洼地地貌;但当时长江南北却为荒漠地带,是喀斯特发育很弱的地区。新第三纪时,中国季风气候形成,奠定了现今喀斯特山区带性的基础,华南保持了湿热气候,华中变得湿润,喀斯特发育转向强烈。尤其是第四纪以来,地壳迅速上升,喀斯特地貌随之迅速发育,类型复杂多样。随着冰期与间冰期的交替,气候带频繁变动,但在交替变动中气候带有逐步南移的特点,华南热带峰林的北界达南岭、苗岭一线,在湖南道县为北纬 $25^{\circ}40'$ ,在贵州为北纬 $26^{\circ}$ 左右。这一界线较现今热带界线纬度偏北 $3^{\circ}\sim 4^{\circ}$ ,可见峰林的北界不是在现代气候条件下形成的。中国东部气温和雨量虽向北渐变,但喀斯特山区带性的差异却非常明显。这是因为受冰期与间冰期气候的影响,间冰期时中国的气温和雨量都较高,有利于喀斯特发育。而冰期时寒冷少雨,强烈地抑制了喀斯特的发育。但越往热带其影响越小。在热带峰林区域,保持了峰林得以断续发育的条件,而从华中向东北则影响越来越大,喀斯特作用的强度向北迅速降低,使类型发生明显的变化。广大的西北地区,从第三纪以来均处于干燥气候条件下,是喀斯特几乎不发育的地区。

## (二)中国喀斯特的地带性特征

中国东部喀斯特地貌呈纬度地带性分布,自南而北为热带喀斯特、亚热带喀斯特和温带喀斯特。中国西部由于受水分的限制或地形的影响,属干旱地区喀斯特(西北地区)和寒冻高原喀斯特(青藏高原)。

### 1. 热带喀斯特

热带喀斯特以峰林—洼地为代表,分布于桂、粤西、滇东和黔南等地。地下洞穴众多,以溶蚀性拱形洞穴为主。地下河的支流较多,流域面积大,故称地下水系,平均流域面积为 $160\text{ km}^2$ ,最大的地苏地下河流域面积达 $1\ 000\text{ km}^2$ 。地表发育了众多洼地,峰丛区域平均达 $2.5\text{ 个}/\text{km}^2$ ,洼地间距为 $100\sim 300\text{ m}$ ,正地形被分割破碎,呈现出峰林—洼地地貌。峰林的坡度很陡,一般大于 $45^{\circ}$ 。峰林又可分为孤峰、疏峰和峰丛等类型,奇峰异洞是热带喀斯特的典型特征。

中国热带海洋的珊瑚礁是最年轻的碳酸盐岩,大多形成于晚更新世和全新世。高出海面仅几米至十余米,发育了大的洞穴和天生桥、滨岸溶蚀崖及溶沟、石芽等,构成礁岛的珊瑚礁多溶孔景观。

### 2. 亚热带喀斯特

亚热带喀斯特地貌以缓丘—洼地(谷地)为代表,分布于秦岭—淮河一线以南。地下河较热带多而短小,平均流域面积小于 $60\text{ km}^2$ 。洼地较少,仅为 $1\text{ 个}/\text{km}^2$ 左右,且从南向北减少,相反,干谷的比例却迅速增加。正地形不很典型,主要为馒头状丘陵,其坡度一般为 $25^{\circ}$ 左右,洞穴数量较热带大为减少,以溶蚀裂隙性洞穴居多,溶蚀性拱状洞穴在亚热带喀斯特的南部较多。

### 3. 温带喀斯特

温带喀斯特以喀斯特化山地干谷为代表,地下洞穴虽有发育,一般都为裂隙性洞穴,其规模较小。喀斯特泉较为突出,一般都有较大的汇水面积和较大的流量,例如趵突泉和娘子关泉等。这一带中洼地极少,干谷众多。正地形与普通山地类同,唯山顶有残存的古亚热带发育的缓丘—洼地和缓丘—干谷等地貌。强烈下切的河流形成峡谷,局部地区,如

拒马河两岸有类峰林地貌。

#### 4. 干旱地区喀斯特

干旱地区喀斯特现象发育微弱,仅在少数灰岩裂隙中有轻微的溶蚀痕迹,有些裂隙被方解石充填,地下溶洞极少,已不能构成渗漏和地基不稳的因素。

#### 5. 寒冻高原喀斯特

青藏高原喀斯特处于冰缘作用下,冻融风化强烈,喀斯特地貌颇具特色,常见的有冻融石丘、石墙等,其下部覆盖冰缘作用形成的岩屑坡。山坡上发育有很浅的岩洞,还可见到一些穿洞,偶见洼地。

### (三)黔、滇、桂三省(区)是西南喀斯特面积最集中的地区

喀斯特山区域面积:贵州为 12.96 万 km<sup>2</sup>,云南 11.09 万 km<sup>2</sup>,广西 8.01 万 km<sup>2</sup>,四川、重庆 1.56 万 km<sup>2</sup>,分别占各省(区)面积的 73.71%、28.14%、34.08%和 2.73%。把石灰岩山地面积在 30%以上的县划为岩溶县,贵州 70 个县,云南 62 个县,广西 44 个县,四川 35 个县市;此外湘西有 11 个县,鄂西 8 个县,粤北 2 个县,浙西 8 个县,共计 240 个县市。其中最集中分布区域为黔、滇、桂三省区,有 180 个县 32.06 万 km<sup>2</sup>,占全国岩溶面积的 23.4%,黔、滇、桂三省(区)喀斯特岩溶难度分级县数,见表 1-1。我国对岩溶地区的研究与治理,需要首先注重黔、滇、桂三省区的喀斯特问题。其中,贵州是治理难度最大的喀斯特省。

表 1-1 黔、滇、桂喀斯特岩溶难度分级县数

省区	岩溶面积占县(市、区)土地面积不同比例的县数				30%~70%的岩溶县数合计
	<30%	30%~50%	50%~70%	>70%	
贵州	12	4	9	57	70
云南	55	31	21	10	62
广西	18	15	10	19	44
总计	85	50	40	86	176

贵州是三省区中喀斯特岩溶总面积最大、比例最大的省,73.71%为岩溶区,总县数中岩溶县占 85.36%,岩溶比例大于 70%的县数贵州有 57 个,占三省同一等级的 66.28%。而贵州山地占总面积的 97%,是全国唯一没有平原大坝支撑的纯山地农业省,粮食生产水平、农村经济和整个社会经济发展水平最低,在全国人均 GDP 排序中处于末列,可以说贵州是全国名副其实的贫困省,治理三省区岩溶地区难度最大的首推贵州,希望更多的部门能够重视贵州的岩溶治理与经济发展问题。

## 五、西南喀斯特山区范围与自然环境地理概况

### (一)西南喀斯特山区总体概况

中国西南喀斯特山区跨中国地貌单元的三级阶梯,主要位于第二级阶梯的云贵高原,区域内地势西北高东南低。该地区的地理位置非常重要,是珠江的源头(云南曲靖市境内乌蒙山脉的马雄山),长江的重要补给区,影响着珠江、长江下游的生态安全;是西电东输、南水北调、三峡水库等国家重大工程所在地;广西沿海是我国西南重要的出口港湾;贵州位于西南岩溶区的中心地带,是长江、珠江的分水岭。

西南喀斯特山区主要涉及的集中地理范围主要包括西南四省(区)一市:云南、贵州、

广西、四川和重庆,即中国综合自然地理区划中西南区所划定的范围,如图 1-2 和图 1-3 所示(另见彩版)。西南喀斯特山区在广义上则包括滇、黔、桂、湘、渝、川、鄂、粤 8 省(区、市)。区内河流纵横,峡谷广布,地貌以高原和山地为主,还有广泛分布的喀斯特地貌、河谷地貌和盆地地貌等。地势起伏大,海拔 5 000~6 000 m 的高峰众多,最高峰为贡嘎山,海拔 7 556 m;海拔最低点只有 76.4 m。气候属亚热带季风气候,年温差小,年均温分布极不均匀;雨量丰富,平均 1 000~1 300 mm,少雨和多雨地区雨量相差可达 5 倍。复杂多样的地形地貌、气候、水热条件及特殊的地质史,使得该区蕴含了丰富的生物物种资源。

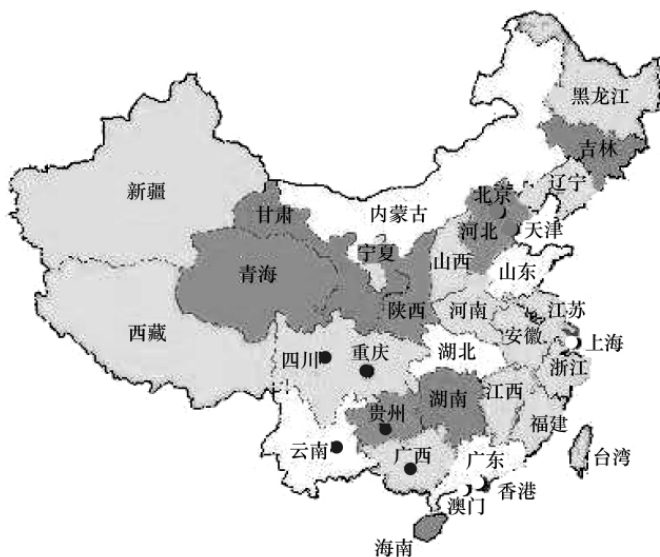


图 1-2 中国行政图及西南四省(区)一市位置示意图

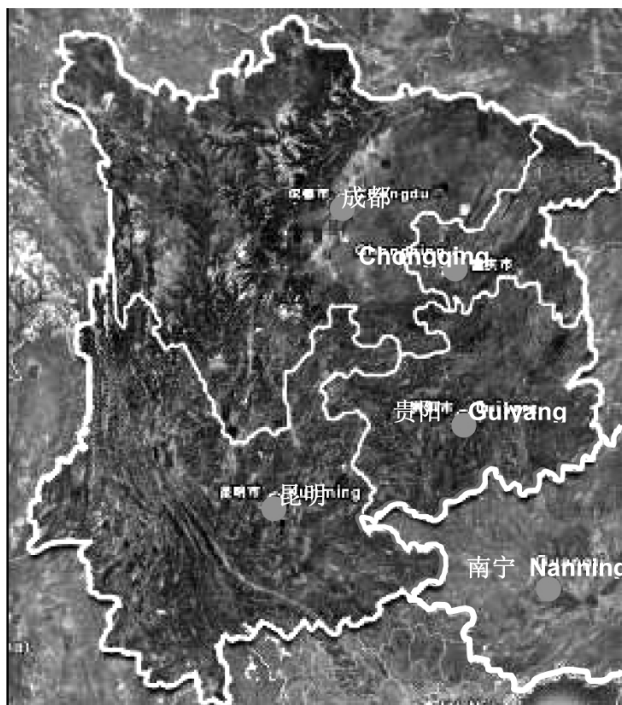


图 1-3 西南四省(区)一市地形地貌示意图