

KASITE DIQU GONGLU HUANJING BAOHU

喀斯特地区公路环境保护

程 星 著

地 质 出 版 社

贵州师范大学自然地理学博士授予点学科建设费资助
贵州省人才基金项目黔人领函 [2005] 13 资助

喀斯特地区公路环境保护

程 星 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书通过中国西南部喀斯特地区公路环境保护的项目研究,提出了喀斯特地区公路建设时环境保护技术的实用指南,具有针对性、实用性。

本书可供喀斯特地区公路建设及相关领域的管理人员、设计施工人员、大专院校师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

喀斯特地区公路环境保护 / 程星著. —北京:地质出版社, 2007. 6

ISBN 978-7-116-05361-8

I. 喀... II. 程... III. 喀斯特地区—公路—环境保护—
中国 IV. X322

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 095533 号

责任编辑:李 军 孙亚芸

责任校对:关风云

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话:(010)82324508 (销售部); (010)82324569 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京长宁印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:10.75

字 数:260 千字

印 数:1—800 册

版 次:2007 年 6 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价:30.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-05361-8

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

喀斯特在我国分布广泛，裸露于地表的碳酸盐岩面积有 $203 \times 10^4 \text{km}^2$ ，加上覆盖和埋藏于地下的碳酸盐岩，喀斯特分布总面积超过 $363 \times 10^4 \text{km}^2$ ，约占国土面积的 $1/3$ 。其中，以具有湿热气候条件的我国西部（及中南部部分地区）的贵州、云南、广西、四川、重庆、湖南、湖北、广东诸省（市、区）最为发育，出露喀斯特面积达 $75 \times 10^4 \text{km}^2$ ，喀斯特总面积达 $105 \times 10^4 \text{km}^2$ ，占全国喀斯特总面积的 37% ，形成了世界上最大的裸露型连片喀斯特区（表1）。

表1 我国西部地区（含中南部部分地区）喀斯特分布统计

省（市、区）	喀斯特		其中裸露性喀斯特	
	总面积/ 10^4km^2	占全省面积/%	总面积/ 10^4km^2	占全省面积/%
贵州	14.48	82.19	14.07	79.85
云南	21.20	55.19	17.22	44.83
广西	12.75	53.83	10.13	42.77
四川	27.38	56.53	14.25	29.42
重庆	7.84	94.95	3.48	42.10
湖南	9.55	44.96	8.36	39.35
湖北	10.03	53.85	5.64	30.29
广东	2.31	13.05	2.31	13.05

我国西部喀斯特地区多数为经济发展相对滞后的“老、少、边、穷”地区，公路建设对于促进区域经济发展、推动地方社会进步意义重大。随着国民经济的持续发展和国家西部大开发战略的不断推进，在未来几年内，西部喀斯特地区的公路建设力度还将不断加大，尤其是高等级公路将迅猛发展，在国家规划的约 $8.5 \times 10^4 \text{km}$ 的高速公路网中，穿越西部喀斯特地区的高速公路里程约有 $1.5 \times 10^4 \text{km}$ 。然而，对西部喀斯特地区公路的建设过程和使用状况的调查表明，其均不可避免地会面临各种类型的工程问题或出现不同程度的工程病害，如公路路基（桥基）下存在溶洞、隧道穿越地下暗河，以及路基塌陷、路面损坏、桥基失稳、隧道突水、沿线生态环境破坏等，不仅增加了公路的建设难度，而且影响了公路的使用性能，甚至会造成严重的地质灾害。

喀斯特是一种区域性的特殊地质现象，具有众多显著的区域性环境特征。研究分析表明，西部喀斯特地区公路修筑期间面临的技术问题和运营期间出现的工程病害，大都可归结于对喀斯特特殊环境条件的认识不足和缺乏可靠的技术支持。前者主要表现在对隐伏喀斯特的勘察评价不完善、对丰富石料资源的开发利用不合理、对复杂喀斯特病害的预防处置不科学、对沿线生态环境的保护治理不成熟等方面；后者主要表现为我国现行公路设计施工技术规范对于喀斯特地区公路工程的适用性不足，不能提供有效的技术支撑，因此严重制约了喀斯特地区的公路发展，进而影响了喀斯特地区的社会经济发展速度。作者针对这一状况，提出了有针对性的喀斯特地区公路建设环境保护技术实用指南，意在为喀斯特地区公路建设提供技术指导，促进喀斯特地区的社会经济发展。

程 星

2007 年 2 月

目次

前 言

上篇 喀斯特地区公路环境保护研究

绪 言	(2)
1 喀斯特地区公路建设对水环境的影响及其对策	(6)
1.1 喀斯特地区公路建设前水环境状况	(6)
1.1.1 喀斯特地区环境特点	(6)
1.1.2 喀斯特地区区域水文地质特征	(7)
1.1.3 喀斯特地貌组合类型及其水环境特征	(8)
1.1.4 喀斯特地下水水化学类型及其分布特征	(9)
1.2 喀斯特地区公路建设对水环境破坏的特征	(11)
1.2.1 喀斯特地区公路建设对地下水环境常见的破坏形式	(11)
1.2.2 喀斯特地区公路建设对地表灌溉系统的破坏形式	(15)
1.2.3 喀斯特地区公路建设对水体的污染	(16)
1.2.4 喀斯特地区公路路面径流污染控制的过滤实验	(19)
1.2.5 喀斯特地区公路路面径流污染野外实验	(22)
1.2.6 喀斯特地区公路路面径流污染保护临界分区	(25)
1.3 喀斯特地区公路水环境保护措施	(27)
1.3.1 喀斯特地区水环境破坏指标与开挖限度要求	(27)
1.3.2 喀斯特地区公路的勘察与设计	(28)
1.3.3 不同喀斯特地貌类型的水环境保护措施	(29)
1.3.4 喀斯特地区公路的施工和治理对策	(30)
1.3.5 衡枣高速公路路面径流处理实体工程	(31)
2 喀斯特地区公路建设对地表覆土的影响及其对策	(35)
2.1 喀斯特地区土壤特征	(35)
2.2 喀斯特地区公路建设对地表覆土的影响	(36)
2.2.1 喀斯特地区公路建设对土地的占用形式	(36)
2.2.2 喀斯特地区地表覆土的破坏	(43)
2.2.3 喀斯特地区公路对土壤的影响范围	(46)
2.2.4 喀斯特地区土地和地表覆土破坏后土壤质量的改变	(51)

2.3	喀斯特地区公路建设地表覆土保护措施	(54)
2.3.1	基本原则	(54)
2.3.2	公路占用土地的合理数量界线	(56)
2.3.3	公路建设对地表覆土破坏的防治界线	(59)
2.3.4	公路建设用地保护技术与措施	(60)
3	喀斯特地区公路建设对自然植被的破坏及防治对策	(62)
3.1	公路建设期对植被生态环境的影响	(62)
3.1.1	公路建设对土壤的破坏导致植被生态环境的破坏	(62)
3.1.2	公路建设对植被水环境的破坏	(63)
3.1.3	空气污染对植被生境的影响	(64)
3.1.4	地质灾害对植被生境的影响	(64)
3.1.5	喀斯特地区高等级公路修建对沿线植被种类和覆盖率的影响	(65)
3.1.6	喀斯特地区高等级公路修建对沿线植被逆向演替的影响	(67)
3.2	公路营运期对植被生态环境的影响	(68)
3.3	喀斯特地区公路建设与自然植被保护措施	(69)
3.3.1	喀斯特地区公路绿化设计中物种的筛选	(69)
3.3.2	喀斯特地区公路建设中自然植被的保护措施	(70)
4	喀斯特地区公路环境评价	(75)
4.1	喀斯特地区公路环境影响评价的基本理论和技术方法	(75)
4.2	喀斯特地区公路水环境评价方法与指标体系	(76)
4.2.1	喀斯特地区公路建设对水环境的影响	(76)
4.2.2	喀斯特地区公路建设对水环境的影响因子	(78)
4.2.3	喀斯特地区水环境敏感性评价	(79)
4.2.4	因子分析法	(80)
4.2.5	核查表法	(82)
4.2.6	公路建设对喀斯特地区水环境影响的综合评价	(84)
4.3	喀斯特地区自然植被评价方法与指标体系	(88)
4.3.1	喀斯特地区地貌植被组合划分	(88)
4.3.2	喀斯特地区地貌植被组合稳定性评价	(89)
4.3.3	喀斯特地区公路建设对植被破坏的临界控制标准	(94)
4.4	喀斯特地区公路建设占用土地及地表覆土评价方法与指标体系	(95)
4.4.1	喀斯特地区土壤及土地的生态脆弱性评价	(96)
4.4.2	喀斯特地区土壤及土地的敏感性评价	(97)
5	结论与建议	(105)
5.1	研究结果	(105)

5.2 存在问题与建议	(106)
5.2.1 存在问题	(106)
5.2.2 建议	(106)
参考文献	(107)

下篇 喀斯特地区公路建设环境保护技术实用指南

1 总 则	(110)
2 术 语	(111)
3 喀斯特地区公路建设环境保护的基本原则和要求	(112)
3.1 公路建设环境保护相关法规	(112)
3.2 喀斯特地区公路建设环境保护的基本原则及要求	(112)
3.2.1 节约用地与保护耕地的原则及要求	(112)
3.2.2 原有生态系统连续性的原则	(114)
3.2.3 路域生态系统稳定性的原则	(114)
3.2.4 保护自然植被的原则	(115)
3.2.5 生态环境恢复的原则	(115)
4 喀斯特地区公路环境地貌类型及其环境保护措施	(117)
4.1 公路环境保护地貌类型的划分	(117)
4.2 喀斯特地区公路环境地貌类型环境保护措施	(117)
4.2.1 峰丛、溶丘洼地	(117)
4.2.2 峰丛槽谷、沟谷	(120)
4.2.3 峰丛峡谷	(122)
4.2.4 喀斯特高原面	(123)
4.2.5 峰林谷地	(124)
4.2.6 峰林洼地	(125)
4.2.7 峰丛、溶丘盆地	(126)
5 喀斯特地区公路建设中环境保护的工作方法与步骤	(130)
5.1 喀斯特地区公路修建中的环境保护工作方法步骤	(130)
5.2 喀斯特地区公路设计中的环境考虑	(130)
5.3 喀斯特地区公路的施工和治理对策	(133)
6 喀斯特地区公路水环境破坏、污染的防治、保护措施	(134)
6.1 水环境污染程度的确定	(134)
6.2 水环境污染保护措施	(134)
6.3 路面径流污染物	(135)
6.3.1 施工期生活污水和施工废水	(136)

6.3.2	营运期路面径流	(136)
6.3.3	意外交通事故产生的污水	(137)
6.3.4	服务区、管理分中心等处生活污水	(137)
6.3.5	停车区位冲洗废水	(137)
6.3.6	固体废物	(138)
6.4	水环境污染工程研究目标	(138)
6.5	喀斯特地区公路建设水环境保护工程	(138)
6.5.1	防排水措施	(139)
6.5.2	沉淀洼地技术	(139)
6.5.3	路面径流持(滞)水盆地工程的适宜性	(139)
6.5.4	工程场地选择原则	(140)
6.6	部分水环境保护工程简述	(140)
6.6.1	渗透盆地工程	(140)
6.6.2	过滤工程	(141)
6.6.3	高速公路水土保持、生态环境建设与保护范例	(142)
6.6.4	常张高速公路水环境保护实体工程的设想	(143)
7	植被破坏保护技术	(144)
7.1	喀斯特地区公路建设中自然植被的保护措施	(144)
7.1.1	对植被的直接保护	(144)
7.1.2	自然植被生境的水土保持措施	(145)
7.1.3	人工恢复措施	(146)
7.2	公路边坡植物防护	(148)
7.2.1	种草	(148)
7.2.2	铺草皮	(149)
7.2.3	植树	(151)
8	土壤及土地的综合防治技术	(152)
8.1	公路建设占用土地的合理数量	(152)
8.1.1	公路占用土地的合理数量界线	(152)
8.1.2	公路建设对地表覆土破坏的防治界线	(155)
8.2	公路建设用地保护技术和措施	(157)
8.2.1	表土的回收利用技术	(157)
8.2.2	弃渣场、土石料场的土地复垦技术	(157)
8.2.3	水土流失防治技术	(158)
8.2.4	渣料场水土流失防治技术	(162)
8.2.5	直接影响区水土保持技术	(162)

上 篇

喀斯特地区公路环境保护研究

绪 言

西部喀斯特地区的地层主要由可溶性岩石（以碳酸盐岩为主）组成，在地下水及地表水喀斯特地质作用下，形成了独有的高山低谷典型山区喀斯特地貌。其地势崎岖、土层浅薄、石山荒漠化和水土流失严重，自然生态环境极为脆弱。

公路建设不可避免地会破坏原有的地形、地貌以及植被，同时运营期产生的废气、废水等污染物也将对沿线生态环境产生影响。环境与发展的矛盾日益突出，成为国际社会广泛关注的热点问题。如何协调和解决公路建设与环境保护之间的矛盾，尽量减少或降低公路建设与运营中产生的环境影响，是实现公路交通可持续发展的重要保证。

喀斯特地区的自然生态环境是一个整体性的开放系统，对其局部的破坏和污染都将导致大范围生态环境质量的下降。在喀斯特地区，由于公路呈带状分布，跨越的喀斯特地貌类型较多，地形复杂，为了保证公路的高技术标准，路线常常布设在沿坡脚及缓坡处，导致占用土地多、破坏植被严重、开挖裸露边坡多、对水体（地下水和地表水）的破坏和污染严重等等环境问题，从而使得喀斯特地区本来就脆弱的自然生态环境日趋恶化。

从时间序列而言，喀斯特地区公路建设中遇到的环境问题实质上涉及公路设计阶段、施工阶段和营运阶段3个环节。空间上，主要局限于公路自然走廊带，即社会-经济辐射带。潜在的主要环境问题归纳如下：

- (1) 公路建设对地表水环境、地下水环境、土地及空气的影响，以及相应对人体健康和生态健康的影响，特别是废物或者危险物品的泄漏和扩散造成的影响；
- (2) 在公路建设期，如果经过或者接近生态保护区可能对珍稀植物物种和生态适应性产生影响；
- (3) 公路建设施工管理对当地居民的生产和生活产生影响。

因此，在喀斯特地区进行公路建设时，为了使公路建设与环境保护协调进行，必须研究公路建设对水环境的破坏及污染、自然植被破坏和水土流失的特征和机制，总结一套相应的环境影响因子和量化指标，制定综合概念模型、理论模型以及环境保护措施和使用指南。在公路修筑过程中，应制定相应的生态环境保护界线，以确定公路占用土地和植被破坏的环保要求、公路修筑过程中合适的填挖及生物防护等措施，将生态环境的破坏降到最低限度，并采取有效的生态环境保护措施来改善喀斯特地区公路建设环境的质量。

西部大开发战略的实施过程中，公路工程作为基础设施建设投资占据首要地位，构筑西部落后地区发达的交通网络需要建成一系列的公路工程（交通部计划新增加 $1.5 \times 10^4 \text{ km}$ 高等级公路建设规模配合西部大开发的实施），其设计的技术标准较高；而西部地区地势起伏较大，一定数量的挖填在所难免。在此过程中，如何做到既要保证公路工程建设的顺利开展、又要保护生态环境就显得十分迫切。

20 世纪 90 年代以来，我国在喀斯特地区公路建设中积累了一定的生态环境保护和水土保持工程的经验，制订了相应的规定和规范，提出了若干准则。特别是对喀斯特塌陷、

滑坡、泥石流等的发生机制和防治措施的研究较多,但就喀斯特地区的公路建设对自然生态环境的影响,目前尚无综合研究,只零星做了一些保护水环境、防止或减少水土流失、保护土地资源的工作,其研究的层次多数是“就事论事”,只是针对出现的环保问题或预测可能在短期内会出现的环境问题进行工程治理。

早在1957年,在墨西哥召开的第十五届国际道路会议上就成立了“道路与环境问题”工作组。在以后的多次国际会议上,都把“道路与环境保护”作为重要议题,使得公路工程出现了新的研究领域和新的变革。俄罗斯明文规定了道路运输综合体中所有与环境污染潜在威胁有关的技术部分,必须符合俄罗斯现在的生态要求,并研究设立有关运输业生态保险,建立生态基金和银行。相比之下,我国的环保研究和意识还比较滞后。虽然,现在西方大多数发达国家的交通网已经建成,但很少见到结合公路工程建设系统地开展类似研究的文献报道。

从国内外研究情况看,我国与先进发达国家还存在很大的差距。如何结合我国的实际情况,加强喀斯特地区公路建设环境保护的系统研究,提高我国公路建设的质量和水平,是21世纪公路建设中必须解决的关键技术问题。

喀斯特地区公路环境保护的主要研究内容如下。

(1) 喀斯特地区公路建设对水环境(地下水、地表水)的破坏及污染特征:

- a. 喀斯特地区公路建设前水环境现状调查;
- b. 喀斯特地区公路建设对水环境破坏特征研究;
- c. 喀斯特地区公路建设对水体的污染作用研究。

(2) 喀斯特地区公路建设过程中对自然植被的破坏作用:

- a. 喀斯特地区公路建设前植被现状调查;
- b. 喀斯特地区公路建设对自然植被的破坏作用研究;
- c. 喀斯特地区公路建设对石山荒漠化的发展趋势研究。

(3) 喀斯特地区公路建设占用土地和对地表覆土的破坏作用:

- a. 针对不同的地貌类型,调查分析确定喀斯特地区各等级公路占用土地的合理指标;
- b. 调查研究喀斯特地区公路建设对路域地表覆土的影响;
- c. 调查公路建设过程中水土流失的主要类型和破坏程度;
- d. 调查喀斯特地区现有水土保持设施;
- e. 提出弃土场的水土保持方法及要求。

(4) 喀斯特地区公路建设对环境影响评价和评价技术研究:

a. 喀斯特地区公路建设过程中对生态环境的影响评价,包括影响范围评价与时效性评价;

b. 喀斯特地区公路运营期间对生态环境的影响评价;

c. 根据有关法规和文献资料,确定合理的评价指标,如植被覆盖率、水质状况、可利用水资源量、人均土地占有量、水土流失率等;

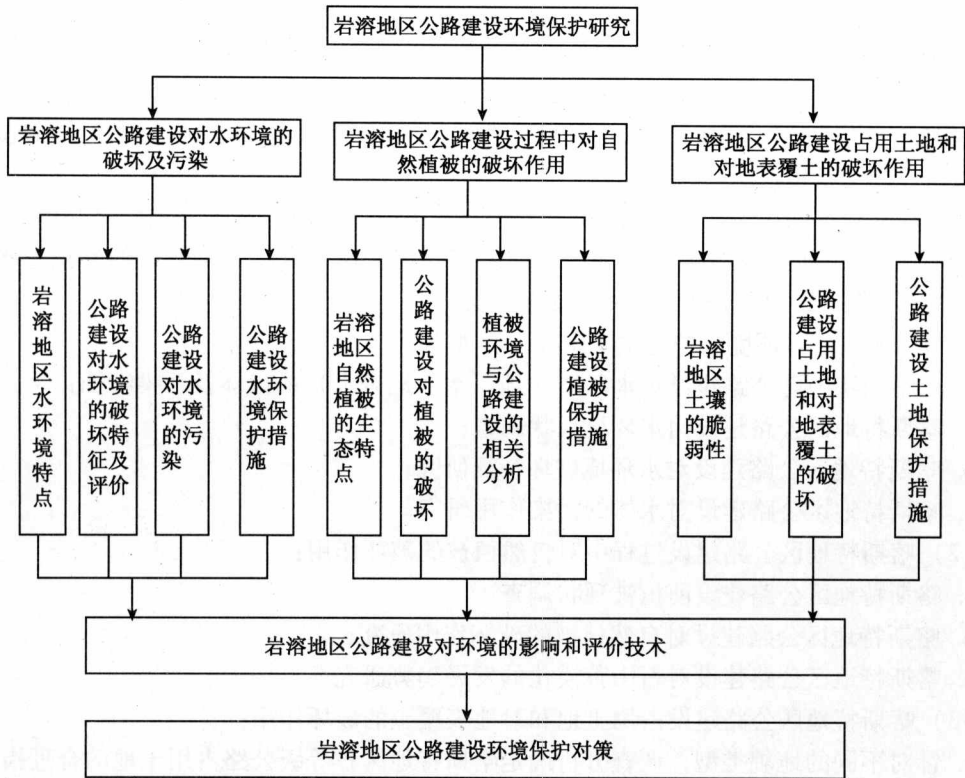
d. 环境检测方法研究,提出一套快速、简便和准确的指标检测方法。

(5) 喀斯特地区公路建设过程中的环境保护对策研究:

- a. 喀斯特地区公路建设过程中地表水与地下水的合理利用方法;
- b. 喀斯特地区公路建设过程中水土流失的预防措施;

- c. 筛选出适宜于不同喀斯特地貌的植物种类或植种组合；
- d. 防治水土流失的工程措施与生态措施的组合调查研究；
- e. 主要环境保护要素的界线拟定；
- f. 环境保护措施的评述及技术经济论证；
- g. 喀斯特地区公路建设环境保护实用指南研究。

喀斯特地区公路环境保护研究的技术路线如下所示：



喀斯特地区公路环境保护研究的依托工程为湖南省常德至张家界高速公路、衡阳至枣木铺高速公路、贵新公路和崇遵高速公路。

(1) 湖南省常德至张家界高速公路，路线总长为 160.7km，采用全部控制出入的四车道高速公路标准，2002 年 8 月开工，2005 年竣工，沿线地质构造复杂，地形变化大，气候属亚热带季风性湿润气候，总投资 66.39 亿元，其中贷款 34.68 亿元，拨款 31.71 亿元。

(2) 衡枣高速公路是国家重点规划建设中“五纵七横”国道主干线衡阳至昆明国道主干线中的重要一段，是湖南东西方向并连接西南地区的公路运输大通道，它是湖南“九五”和“十五”期间公路建设的重点工程之一。该路起自京珠高速公路衡阳洪市互通，终止于永州市枣木铺，与广西干线公路相接，全长 185.4km，总投资约 51.3 亿元，路面宽 26m，四车道，2000 年 11 月开工，2003 年 12 月竣工通车，2004 年交通量折合成小客车的年平均日交通量为 4506 辆。

(3) 贵新公路是贵州省唯一一条与临近省份接轨的高等级公路。贵新公路从贵阳至

广西新寨,是西南出海通道的重要组成部分。公路全长 261km,一级路从贵阳到都匀,路长 143km,已于 2000 年 12 月 31 日开通;二级路从都匀至新寨,路面宽 12m,为贵州省目前最宽、最好的二级路,路长 118km。公路全线有桥梁 242 座、涵洞 1275 道、隧道 3 座。贵新公路大规模进行环保投入,建设者们把贵新公路的绿化作为提高贵州公路档次的重要内容,全线投资三千多万元,并引进外省园林建设专业绿化队伍对沿途隔离带、上下边坡、废弃土场实行全面绿化,把公路建设成为绿色通道,把公路沿线建成绿色屏障。2004 年交通量折合成小客车的年平均日交通量为 9152 辆。

(4) 崇遵高速公路被交通部原部长黄镇东和亚行外籍专家组称为“世界级难度的公路”。崇遵高速公路全长 117.939km,是国家重点规划建设的国道主干线系统“五纵七横”12 条干线中的重要路段,是贯通西南出海大通道的咽喉工程。崇遵高速公路地处云贵高原北部山区,横穿大娄山脉,沿线地形、地质极为复杂。制高点凉风垭海拔 1450m,最低处松坎河谷海拔 420m,穿越娄山关、青杠哨、七十二弯、酒店垭等险峻地段。崇遵高速公路不仅是一条重要的经济走廊,而且将成为展示遵义革命历史、民俗民风和酒文化等丰富文化内涵的长廊。公路桥连隧、隧连桥、桥桥相连,桥隧总长占总里程的 38.05%。

1 喀斯特地区公路建设对水环境的影响及其对策

1.1 喀斯特地区公路建设前水环境状况

1.1.1 喀斯特地区环境特点

西南喀斯特地区是以峰丛洼地、峰林谷地（平原）为主的喀斯特地貌。地表和地下喀斯特发育以及长期的人类活动造成的资源与生态环境问题可归结为以下4个方面。

1.1.1.1 地表干旱缺水

西南喀斯特地区大气降水快速渗入地下深处，地下水埋藏深，开发利用难度大。该区地处亚热带，降雨量均较充沛。多年平均降雨量：广西为1100~3400mm，湖南喀斯特区为1215~1539mm，云南为600~2700mm（全省总平均1100mm），贵州为850~1600mm。但是，由于碳酸盐岩区溶隙、溶洞等喀斯特通道发育，地表植被破坏严重，降水极易快速渗入地下深处，其入渗系数较高，一般为0.3~0.5，裸露峰丛洼地、峰丛漏斗地区可高达0.5~0.6，从而造成地表严重干旱缺水。

1.1.1.2 地少而分散，土壤贫瘠，水土保持能力差

峰丛洼地和峰丛谷地是西南喀斯特地区的主要地貌类型，耕地呈不连续状，分布于喀斯特洼地、谷地底部及坡麓中下部。自峰顶到洼底，土层厚度呈增加趋势。一般峰顶裸露少土，土壤多沉积于溶蚀沟槽之中；峰坡土层增厚，一般不超过20~30cm，且连续性极差，多被石牙所间隔；洼地中土层较厚，多为200~500cm，少数厚度在10m以上。耕地以坡地为主，约占耕地面积的70%，其中坡度大于25°的坡耕地约为25%，即非宜农耕地占较大比例。

1.1.1.3 地表调节能力差，降水年内分配不均

在亚热带湿润季风气候条件下的南方喀斯特区，碳酸盐岩裸露面积与分布的比例都比较大，因此岩层的表层、包气带和饱水带喀斯特发育强烈，地表土层薄、植被少，且以灌木为主，涵、保水能力小。尤其是峰丛洼地地区，降雨形成的地表径流汇集于洼地底部，由落水洞等渗水通道快速注入地下喀斯特管道系统，以致在降水量充沛（一般大于1000mm）的条件下，仍然存在严重的农田用水和人畜饮水困难，且旱灾频繁。

1.1.1.4 植被生长缓慢, 水土流失和石漠化等生态环境问题严重

喀斯特地区土壤少, 不连续, 贫瘠, 植被生长发育的基础条件差。由于原生森林被毁, 土壤营养组分流失, 植被结构简化, 植物的初级生产力较低, 导致其水源涵养和固土功能严重退化。据统计滇黔桂三省区水土流失面积达 $17.96 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占土地总面积的 40.1%; 其中强度水土流失面积达 $6.61 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占土地流失总面积的 36.8%。

1.1.2 喀斯特地区区域水文地质特征

受地质构造及可溶性岩层化学成分、岩性结构的影响, 喀斯特地区形成具有一定规律、但又十分复杂的地下喀斯特含水系统, 水资源分布不均。

1.1.2.1 隆起带裸露喀斯特分布区

桂西—黔南一带纯碳酸盐岩广布, 以巨厚状质纯石灰岩为主, 基本无弱溶性或难溶性岩石夹层, 喀斯特水文地质结构多属均匀状灰岩平缓褶皱型; 地表和地下各种喀斯特形态均得到较好发育, 地下径流强于地表径流, 各种形态和规模的暗河系统得到完善发育。

鄂西、渝东、湘西等地三叠系以薄至中厚层状的碳酸盐岩为主, 夹碎屑岩; 二叠系以厚层质纯灰岩为主; 部分背斜轴部或两翼还分布有奥陶、石炭、寒武系的中至厚层状碳酸盐岩为主的岩层。喀斯特水文地质结构多属均匀状纯碳酸盐岩背斜褶皱型或均匀状白云岩平缓褶皱型。

受华南加里东褶皱系桂北台隆等构造控制的裸露型、半裸露型喀斯特区, 纯灰岩区喀斯特发育强烈, 白云岩分布区喀斯特发育稍弱, 地下水常构成溶隙—溶洞双重含水系统。按径流特征, 喀斯特地下水可分为垂直径流、水平强径流和弱径流系统。垂直径流系统不单反映迅速入渗的条件, 还是影响当地生态地质环境的重要因素; 水平强径流系统在丰水期和平水期地下水会迅速排出地表; 水平弱径流系统中地下水径流相对平稳缓慢, 是地下河系统中资源量最稳定的部分。

1.1.2.2 下降带边缘褶皱控制分布区

本区喀斯特水文地质结构多属间互层状碳酸盐岩背斜褶皱等类型。中、上三叠统灰岩含水岩组在背斜两翼呈带状分布, 外围被侏罗系碎屑岩封闭, 构成典型的背斜储水构造。受褶皱、断裂构造控制的埋藏型喀斯特分布区, 常构成背斜储水构造、向斜储水构造、单斜储水构造及断裂储水构造。构成储水构造的隔水层的顶、底板多为非碳酸盐岩地层, 含水层由碳酸盐岩地层组成; 喀斯特水的深循环主要沿构造裂隙溶蚀或古溶蚀界面进行, 并构成似层状喀斯特含水层。

1.1.2.3 断陷盆地隐伏喀斯特分布区

攀西和滇东北断陷盆地碳酸盐岩受构造控制呈环带状分布, 喀斯特发育不均, 以管隙为主, 喀斯特地下水径流排泄迅速, 动态变化大。盆地边缘形成裸露—覆盖型喀斯特含水系统, 地下水赋存量较大, 是较富水且调节能力强的富水地段。

1.1.3 喀斯特地貌组合类型及其水环境特征

西南地区地表喀斯特地貌主要表现为石牙、溶沟、漏斗、落水洞、竖井、洼地、溶蚀盆地、盲谷、槽谷、峰林、峰丛、溶丘、喀斯特湖、喀斯特潭、多潮泉、天生桥、穿洞等(图 1.1 至图 1.5)。

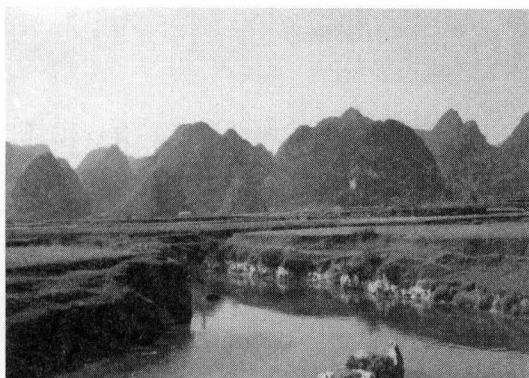


图 1.1 峰林谷地

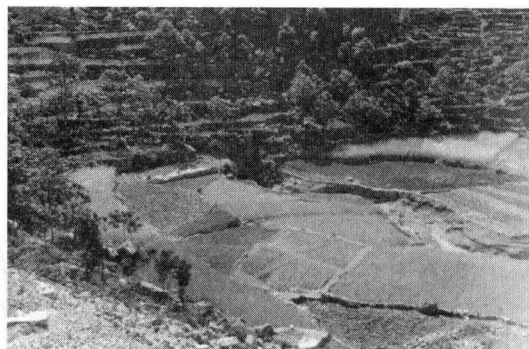


图 1.2 溶蚀漏斗



图 1.3 峰丛洼地



图 1.4 峰林洼地



图 1.5 峰丛盆地