

贵州仁怀峰丛山区农业发展的岩溶地质环境研究

岩溶单元流域综合开发与治理

韩行瑞 陈定容 等著
周游游 杨立铮

广西师范大学出版社

岩溶单元流域综合开发与治理

——贵州仁怀峰丛山区农业发展
的岩溶地质环境研究

地质矿产部岩溶地质研究所

韩行端 陈定容 周游游 罗伟权

成都理工学院

杨立铮 卫 迦

贵州省地矿局第二工程勘察院

杨秀忠 郑德成

广西师范大学出版社

岩溶单元流域综合开发与治理
——贵州仁怀峰丛山区农业发展的
岩溶地质环境研究

广西师范大学出版社出版发行 邮政编码:541001

(广西桂林市中华路36号)

广西师范大学出版社印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:349千字
1997年10月第一版 1997年10月第一次印刷

印数:001—500册

ISBN 7-5633-2491-7/P·018

定价:20.00元

内容简介

本书是在中华人民共和国地质矿产部“八五”科技攻关项目《桂、黔、滇农业开发的典型岩溶地质环境研究》的《贵州仁怀峰丛山区农业发展的岩溶地质环境研究》课题报告的基础上完成的。

作者运用岩溶学、水文地质学、农业地质学、生态学理论、系统论分析法、随机理论及灰色系统论等原理对研究区进行定性→定量→开发利用的“全息”研究。其主要内容如下：

1. 首次提出了岩溶山区农业发展的基本路线是岩溶单元流域的治理与开发。具体论述了岩溶单元流域治理的内涵及措施，以实例证明了岩溶单元流域治理与开发是岩溶石山区脱贫之路。

2. 岩溶单元流域治理的核心任务是治水整土。治水是科学地开发岩溶地下水，整土主要是在洼地内建设高标准稳产田、在坡地上建梯田。并以仁怀长岗为例，研究地下河结构、评价水资源和地下库容，制定了开发治理方案。书中提出的地下河蓄水空间几何形态概化法和应用水箱模拟，为岩溶地下水库设计提供了依据。

3. 岩溶单元流域治理的另一重要任务是农业生态环境治理。本书以仁怀为例，研究农业生态环境变迁原因，提出农业生态环境改善途径及大农业发展规划。该规划已实施，并取得初步效果。

4. 岩溶单元流域治理应根据地质环境特点，因地制宜发展优势产业。如茅台酒酿制原料仁怀高粱和当地的优质烤烟生产的地质背景及扩大种植面积等内容均进行了研究和规划。

本书为岩溶山区的开发治理和扶贫攻坚工作提供了新思路 and 切实可行的措施，同时在岩溶理论和研究方法上也有创新之处。

序

我国西南地区岩溶分布面积达 50 余万平方公里,是我国生态环境极为脆弱地带之一,长期以来这一地带是国土开发和治理难度很大的地区。在这片岩溶区内,有峰丛山区(即岩溶石山区)、峰林平原区和断陷岩溶盆地。其中以峰丛山区所占面积为最大,环境条件最恶劣,也最为贫困。我国政府确定的“八七”扶贫规划中,西南地区的贫困县大多是在岩溶石山区。这里山高水深、水土流失严重、生产和生活环境难以维持。多年来,我国广大科学工作者和地方政府及人民群众对岩溶石山区的开发治理投入了大量的研究和试点工作,取得了很多典型经验。但是长期以来,还没有形成一个可被普遍认识的有效途径。本书作者通过几十年在岩溶石山地区工作的实践经验,并根据我国西南岩溶区自然特点提出的“岩溶单元流域治理”是一个值得重视的思路和方向。岩溶单元流域的概念反映了西南岩溶石山区的地貌、水文、资源及环境的多变性、多单元性及三维变化特征。按岩溶单元流域以水土治理为中心,大力改善农业生态环境,并因地制宜地发展优势产业和乡镇企业,以外向型生态农业代替传统农业,将岩溶山区大环境系统中的不平衡因素解决于小系统中,这些观点在理论上是可行的,大量的成功实例说明,在实践中是有效的。这也是本书的主要特点。

本书的另一特点是研究的理论和方法起点高。为了开发利用地下河,利用地下河蓄水空间几何形态概化及水箱模拟等方法评价地下库容,用水均衡、衰减分析、随机模型、灰色理论等各种方法进行地下河的水资源评价,在对岩溶单元流域的生态环境变迁的研究中找到最佳的治理方案,根据岩溶单元流域不同的气候、土壤地球化学特点,经过对岩石成土过程元素迁移研究,因地制宜地发展优势农业。这些研究都丰富了岩溶单元流域治理的内涵。

总之,本书对我国岩溶山区的综合治理及开发具有重要的指导意义,对我国岩溶学的研究工作也有促进作用。

中国科学院院士

中国工程院院士

地质矿产部水文地质工程地质研究所名誉所长,研究员

张宗祜

SUMMARY

This book is accomplished on the base of project reports on "85" science and technology tackle key problems of Ministry of Geology and Mineral Resources, "Study on the Typical Karst Geological Environment of Agricultural Development in Guangxi, Guizhou, Yunnan Provinces" and "Study on Karst Geological Environment of Agricultural Development of Peak Cluster (FENGCONG) Mountain Area in Renhuai City, Guizhou Province"

The authors use karstology, hydrogeology, agricultural geology, ecology theory, systematic theory analysis, stochastic theory and grey systematic theory, etc. make the "whole informations" research for quality $\rightarrow$ quantity $\rightarrow$ exploitation and utilization to the research areas. The main contents of this book are as follows:

1. This is the first time to raise the basic line for agricultural development is harnessing and exploitation of karst unit drainage basin in karst mountain areas. This book discusses the connotations and measures of unit drainage basin harnessing. The examples have proved unit drainage basin harnessing and exploitation is a good way to shake off poverty for karst mountain areas.
2. The central task of unit drainage basin harnessing is control water and soil. That is to exploit karst groundwater reasonably and change the limited farmland into stable yielding land in peak cluster-depression and terraced land on the slopes. In this book, taking Changgang, Renhuai City as an example, research subterranean river structure, and evaluate water resources and underground reservoir capacities. In this book also puts a series of control (harnessing) measures, in which the geometric probability method of subterranean river storage space and applied water tank model, provided a scientific basis for karst underground reservoir design.
3. Another important task of unit drainage basin harnessing is agroecology environment control. Taking Renhuai City as an example, the authors not only research the rea-

sons of the eco-environmental devolution, but also put forth the method for the improvement of eco-environment and the programme for the development of synthetic agriculture. The programme has been carried out and has obtained initial results.

4. Unit drainage basin harnessing should be on the basis of the characteristics of geological environment, develop superiority industrial with local conditions. Such as, the geological background of the Chinese sorghum for making Maotai Spirit and high quality tobacco production and the area under cultivation expansion have been researched and programmed in this book.

In this book, the authors provide a new thinking and practical measures for the exploiting and harnessing karst mountain and for the works of helping the poorer, meanwhile, bring forth new ideas on the karst theories and research methods.

目 录

绪言	1
第一章 峰丛山区单元流域治理、开发原则	2
第一节 流域开发治理与单元流域	2
第二节 岩溶单元流域的概念及特征	3
第三节 岩溶单元流域治理的内涵	4
第二章 仁怀峰丛山区农业发展的岩溶地质环境	7
第一节 岩溶地质环境	8
第二节 农业生态环境	13
第三节 仁怀峰丛山区农业生态环境变迁	19
第四节 仁怀峰丛山区单元流域类型及治理、开发原则	27
第三章 长岗单元流域地下河系统结构及开发利用	34
第一节 地下河系统形成背景	34
第二节 系统的水文地质特征	42
第三节 地下河系统的结构特征	61
第四节 岩溶水系统的水资源及地下库容评价	78
第五节 岩溶水资源的综合开发利用	99
第四章 长岗单元流域碳酸盐岩成土的元素迁移与烤烟生产	106
第一节 岩石→风化壳→土壤剖面元素迁移	106
第二节 土壤元素及其对烤烟的影响	122
第五章 水田村岩溶单元流域农业生态环境典型研究	133
第一节 基本特征	133
第二节 生态环境特征	141
第三节 近 50 年农业生态环境变迁	153
第四节 农业生态环境改善途径及大农业发展规划	158

第六章 茅台酒原料基地的农业地质环境	174
第一节 地层、岩性及土壤	174
第二节 岩石→土壤→高粱元素迁移	176
第三节 高粱成分及富集元素	185
第四节 茅台酿酒原料基地区内外规划	188
结论	197
参考文献	199

COMPREHENSIVE DEVELOPMENT AND HARNESSING OF KARST UNIT DRAINAGE BASIN

— A STUDY ON KARST GEOLOGICAL ENVIRONMENT FOR AGRICULTURAL
DEVELOPMENT IN KARST MOUNTAIN AREA OF RENHUI

HAN XINGRUI CHEN DINGRONG
ZHOU YOUYOU YANG LIZHENG *et al.*

CONTENTS

Introduction	1
Chapter 1 Harnessing and Development Principle of Unit Drainage Basin in Karst Mountain Area	2
1.1 Unit Drainage Basin and Drainage Basin Harnessing and Development	2
1.2 The Concept and Characteristics of Karst Unit Drainage Basin	3
1.3 The Contents for Karst Unit Drainage Basin Harnessing	4
Chapter 2 Karst Geological Environment for Agricultural Development in Karst Mountain Area of Renhui	7
2.1 Karst Geological Environment	8
2.2 Agricultural Ecological Environment	13
2.3 The Changes of Agricultural Ecological Environment in Karst Moun- tain Area of Renhui	19
2.4 The Type and Harnessing Principle of Unit Drainage Basin in Karst Mountain Area of Renhui	27
Chapter 3 The Structure of Underground River System and Its Develop- ment in Changgang Unit Drainage Basin of Renhui	34
3.1 The Formation Background of Underground River System	34
3.2 Hydrogeological Features of the System	42
3.3 The Structural Features of the Underground River System	61

3.4	The Evaluation of Karst Water Resources and Underground Reservoir Capacity	78
3.5	The Development and Utilization of Karst Groundwater Resources	99
Chapter 4	The Migration of Edaphogenic Element in Carbonate Rocks and Tobacco Product in Changgang Unit Drainage Basin	106
4.1	The Migration of Elements in Rocks→Residue→Soil Section	106
4.2	Soil Elements and Its Influence on Tobacco	122
Chapter 5	The Typical Study on Agricultural Ecologic Environment of Shuitian Karst Drainage Basin	133
5.1	Basic Features	133
5.2	The Features of Ecologic Environment	141
5.3	Changes of Agricultural Ecologic Environment in the Past 50 Years	153
5.4	The Way for Improving of Agricultural Ecologic Environment and the Development Planning of Large Agriculture	158
Chapter 6	The Agricultural Geological Environment for Raw Material Base of Maotai Spirit	174
6.1	Strata, Lithologic Character and Soil	174
6.2	The Migration of Element in Rocks →Soil→Chinese Sorghum	176
6.3	The Components of Chinese Sorghum and the Enriched Elements	185
6.4	The Plan of Development of Raw Material Base of Maotai Spirit	188
Conclusions		197
References		199

绪 言

我国西南桂、黔、滇、湘、川各省有大面积的岩溶区,宏观上连片岩溶区面积有 $5.4 \times 10^5 \text{ km}^2$, 居住人口约 1 亿, 做为自身生态环境极端脆弱、恶劣并遭受人类活动严重干扰后环境日益恶化的地区, 长期以来是国土开发、利用和治理的难点。在这片岩溶区中, 从大的环境特点看可分为峰丛山区、峰林平原区及断陷岩溶盆地。其中峰丛山区面积最大, 环境最恶劣, 也最为贫困。我国政府确定的“八七”扶贫规划中, 7 年解决 8×10^7 人口的温饱问题, 约有一半分布在本区。在“六五”期间, 国家科委曾选择五个岩溶点进行以地下水开发为主的研究工作, 其中都安、普定、洛塔、独山都是峰丛山区。20 世纪 80 年代后, 随着峰丛山区环境日益恶化, 经济日趋落后, 与东部差距日益拉大。我国岩溶学、环境学、农学、林学、生态学及各级政府 and 有关部门越来越重视岩溶区环境改善、治理和开发问题, 并进行了一系列研究和实践。例如, 全国农业区划委员会组织进行了西南石灰岩地区农业区划工作; 中国科学院西南综考队完成了“西南石灰岩山区有效开发途径研究”, 广西进行了“广西石山地区综合治理与开发的战略研究”等。上述工作较为全面地论证了岩溶区资源的优势所在, 并宏观地阐述了不同岩溶区环境恶化的表现及治理途径, 探讨了大农业发展战略。上述研究的主要缺点是没进行实验研究, 其可操作性尚难确定。

在上述研究基础上和国民经济建设需求下, 为进一步探索岩溶区农业发展的环境治理及脱贫致富途径, 地矿部岩溶地质研究所在“七五”末期立项申请了“西南岩溶区农业发展的典型岩溶地质环境研究”项目, 并被地矿部批准为部属“八五”科技攻关项目。“贵州仁怀峰丛山区农业发展的岩溶地质环境研究”课题即为该项目主要课题之一。其研究目的是在总结前人研究及实践基础上, 以仁怀市典型地段为例, 进行峰丛山区农业生态环境的改善、治理实验研究。其研究的成果力求能指导当地改善农业生态环境及脱贫致富的工作, 本书即在此课题研究基础上完成。

本书的研究思路及路线是在总结了“六五”以来, 地质矿产部岩溶地质研究所及广大群众在峰丛山区多年研究及治理实践基础上形成的。其主要思想是“岩溶单元流域综合治理开发”, 也就是岩溶区小流域综合治理开发。岩溶峰丛山区的小流域与非岩溶区小流域的区别就在于前者是受地质构造单元控制的地表水和地下水双层立体结构, 其地下水文网有时比地表水文网更重要。同时也可以说从水资源、能源、矿产资源、土地及生态资源各方面来看无不受控于这种“单元流域”的结构特征。

本书是在课题报告基础上写成, 具体分工: 绪言由韩行瑞执笔, 第一章由韩行瑞、周游游执笔; 第二章由韩行瑞、陈定容、周游游、杨秀忠执笔; 第三章由陈定容、卫迦、罗伟权、杨立铮、郑德成执笔; 第四章由卫迦、刘齐军、杨立铮执笔; 第五章由周游游、杨秀忠、罗伟权、韩行瑞执笔; 第六章由杨立铮、朱赫宇、卫迦执笔; 结论由韩行瑞执笔。最后由韩行瑞统稿。王濯凝副译审完成了英文翻译并对全书进行了校对。

第一章

峰丛山区单元流域治理、开发原则

第一节 流域开发治理与单元流域

国内外的实践一再证明,流域治理开发是岩溶山区经济发展(包括农业开发)的先导,也是其脱贫的行之有效途径之一,从大流域到小流域都有成功的例子。

最著名的太型流域开发之一是美国田纳西河,那里曾被称为“魔鬼的河流”。早在 18 世纪下半叶就有较发达的农业,有大片森林,田纳西河流量一直平稳,山青水秀。到了 19 世纪后期,尤其本世纪初,对其流域的森林、耕地及矿产的掠夺式开发,导致了生态环境急剧恶化。到 1933 年,该流域人均年收入仅 168 美元,只有美国全国平均数的 45%,成为美国最贫困的地区之一。1907 年吉福德·平乔特提出对资源应该进行统一开发利用的观点,同年水文地质学家麦克杰向罗斯福总统也提出了相似的看法,第二年美国就成立了国家资源保护委员会。1933 年诺切斯第七次提议成立区域性的联邦机构,以改善田纳西河流域居民的生活状况,解决该流域已存在的问题(现今称为生态环境问题)。再次当选的罗斯福总统,以此作为他的“新政”,成立了田纳西流域管理局(TVA)。这是资本主义国家用计划调控创造的“田纳西奇迹”,以水能开发为先导,经过 50 年的不间断努力,人均年收入 1986 年达 11 200 美元,为 1979 年全国平均收入的 79%,当地预测其经济发展比全国快 0.7%,人口密度将比全国增多 3%。

我国峰丛山区大型流域治理开发较成功的实例为贵州猫跳河流域、湖南湘西兄弟河流域等。

猫跳河是长江的二级支流,乌江的一级支流。干流长 181 km,流域面积 3 195 km²。多年平均流量 55.9 m³/s,天然落差 548.6 m。流域内是典型的高山峡谷,峰丛洼地岩溶区。

自 1960 年以来,该流域修建了红枫湖、百花湖、李官、修文、窄巷子、红林、红岩七个梯级电站,带动当地的工农业发展,成为贵州经济最发达的黔中经济区的一部分,但是由于没有对小流域进行同步的统一治理、开发,整个人地系统与环境发生了不可逆的变化,出现一些环境问题。

1950 年该流域有林面积 110 700 ha,占总面积 34.6%,其中 80%为天然森林,多为原始林,占流域面积 20%。40 年来,林地下降到 41 096 ha,占总面积的 13%,森林仅有 7%。而且

多数是70年代中期营造的人工林,主要是松、杉等针叶林。50年代的白杨、楠、青冈、亮叶桦等阔叶落叶林基本为残存独木、孤树。由于森林的毁灭,依托于它的森林生态系基本崩溃。

1958年以前,该流域人均土地近1 ha,其中耕地0.3 ha。由于人口猛增了2.84倍,人均土地占有下降为不足0.35 ha,其中耕地仅有0.14 ha。因人口压力,加上长期的控制,把多余劳动力捆在土地上,导致毁草毁林,盲目扩大耕地。全流域垦殖率达50%,其7%是从陡坡中新获得的。以清镇市范围内1961~1985年间,新增耕地2 000 ha,但以失掉1 000 ha天然林和3 333 ha灌木林变成裸岩荒漠为代价。荒山裸岩化近466 ha,土山变为裸岩山1 000 ha。50年代以来,工矿及工程、城乡建筑用地面积 1.47×10^4 ha,占总面积4.6%,其中占用 7.9×10^3 ha耕地,为耕地面积的7.6%。土地过度开垦,导致水土流失很严重。截止1990年,该流域水土流失面积达600 km²以上,约占总面积的20%,每年侵蚀掉 120×10^4 t土壤,侵蚀模数为3 600 t/(km²·a)。

从我国的实际国情出发,对于广大的峰丛山区(又称岩溶石山区),不可能大规模移民,在流域治理中也不应只注重于流水利建设,而应切实地把治理的重点放到岩溶区的小流域——单元流域之上。

第二节 岩溶单元流域的概念及特征

在我国第一届全国岩溶研究会议中,老一辈的学者就指出过我国西南地区的碳酸盐岩的沉积建造在岩性、岩相上变化很大,地质构造复杂,岩溶发育及岩溶水的运动不符合国外厚层均质灰岩统一含水体的水动力分布理论。

这里提出了两个重要问题。第一,我国西南地区的沉积建造虽以碳酸盐岩为主,但并不连续,夹有多层非可溶岩层,即使碳酸盐岩本身,其岩性和可溶性都存在较大的差异。第二,该区构造作用强烈,地质构造复杂。这使得本区岩溶水的运动及岩溶作用在水平和垂直方向上均不连续,形成多单元特征,即岩溶作用都是在一些相互独立的地质体中独立进行。这些地质体可以是向斜、背斜或断块,其大多数以非可溶岩为边界,面积一般在几到几十平方公里,最大的可达几百平方公里。据粗略统计,西南岩溶区是由几百个这样的岩溶单元流域组成。这一点与我国北方岩溶区及国外的岩溶区形成鲜明的对比,那里碳酸盐岩性单一,地层平缓,呈现出大范围连续的岩溶景观。

在我国西南地区,如果没有单元流域的概念,便无法理解岩溶景观的非连续性水文地质条件的独特性和生态环境的多变性。事实上,在连续岩溶区形成的概念和理论不能照搬到非连续岩溶区。

应特别指出的是上述单元流域中的地表水和地下水组成统一的水文网,其间补排及转化关系极为密切,形成了一个小流域。它们往往构成我国西南大水文网中的三到五级支流。

这种小流域与非岩溶区不同,其流域边界不完全取决于地形,而主要取决于地质构造所控制的隔水层的分布及由于岩溶发育不均匀而形成的地下分水岭的存在。另一个重要的区别是这里的流域不像非可溶岩流域的地表水流域,而是地面至地下的三维空间流域。

我们把地质构造及弱岩溶化岩体形成的地下分水岭所控制的岩溶水(包括地表水和地下水)流域称为单元流域。我国峰丛山区的治理,就象黄土地区的治理从小流域着手一样,应从单元流域开始。

从系统的观点来看,现实的峰丛山区中人与资源、生态环境处在一种非平衡的状态中,作者的思路是把大系统的不平衡解决于小系统中。

岩溶单元流域有如下特征:

单元流域是地质构造和岩溶发育不均一性控制下的岩溶山区小流域,是岩溶区地表-地下水系的集水单元,一般是封闭的集水区,单元流域内的地表和地下水是统一的水文系统。

单元流域是岩溶山区岩溶作用的具体空间,其作用是在单元流域内独立进行的。每个单元流域是独立的小型岩溶系统;

单元流域是相对独立的生态系统,在特定的无机环境下(母岩、地貌、小气候、水文等),形成了特定的生物群落,西南岩溶山区单元流域的生境变化很大,形成了丰富多样的生物资源。

人们在开拓和生产中早就已自觉不自觉地适应着上述的自然环境。我们可以发现,这里的县城,如贵州绥阳、道真、务川等县的县城大多都在较大的单元流域的中心,而乡镇的分布则与规模较小的单元流域一致。因此,大多数单元流域也是人类活动的单元。

可以认为单元流域是岩溶山区生态系统和经济系统相互耦合而成的复合系统。它是整个岩溶山区大的生态-经济系统中的小单元。这些小单元在正常情况下能够生产出经济效益更高的产品,而在生态环境紊乱的情况下不仅不能生产出经济效益较高的产品,且对大系统的生态环境起破坏作用。

第三节 岩溶单元流域治理的内涵

一、岩溶单元流域治理的思路和目标

南方岩溶山区长期贫困落后主要有三个原因:一是自然环境恶劣,如地表缺水、缺土;二是社会经济条件差,如农业人口增加快,而生产力水平低下,商品经济不发达,大量的农业人口只好以破坏生态环境为代价换取生活资料,形成越垦越穷、越穷越垦的恶性循环局面;三是长期以来我们还没有一个适合的行之有效的治理途径。我国西北黄土地区找到了以水土保持为中心的小流域治理途径;黄淮海盐碱地区找到了以控制地下水位为中心的综合治理途径,都取得了突破性进展。

对于南方岩溶山区,我们提出的治理思路是:以单元流域为治理单元;以治水和改善生态环境为治理中心;发展生态农业、乡镇企业和商品经济,变单一农业经济为综合性经济,转移和减少山区农业人口的综合治理途径。其最终目标是使每个单元流域的生态环境得到改善并获得四大效益:治水保土效益,彻底改变缺水现状;生态效益,恢复植被,扭转水土流失现状和石漠化趋势;经济效益,工农业产值提高;社会效益,解决脱贫问题。

二、岩溶单元流域治理措施

1. 治水是前提

岩溶山区普遍供水不足,是当前威胁人类生存和阻碍工农业发展的首要问题。桂滇黔岩溶山区有 2×10^7 万人口缺少饮用水,广西岩溶区有 5.04×10^5 ha 土地处于干旱缺水状态,贵州岩溶区缺水农田面积比广西的还要大。由于缺少灌溉,单产低而不稳,迫使农民开荒扩种,走广种薄收的道路,严重破坏了生态环境。因此,必须首先按单元流域解决缺水问题,以提高单产,退耕还林。

西南岩溶区地处亚热带,年降水量在 $1\,000 \sim 2\,000$ mm。这是黄土地区无法比拟的。任何一个单元流域内的水资源总量都比黄土地区同面积的小流域多 $2 \sim 4$ 倍。但作为岩溶区,最大的特征是地下径流往往大于地表径流。一般地表径流量仅占水资源总量的 $10\% \sim 40\%$,而地下径流量却占 $60\% \sim 90\%$ 。目前大部分单元流域仅开发地表径流,而地下径流没有充分开发利用。也就是说,大多数单元流域内仅用 30% 左右的水资源维持生产和生活,这直接限制了生态环境的生产能力和社会生产力的提高。因此不开发利用地下水是不能改变岩溶山区贫困面貌的。

另一方面,正是由于我国西南岩溶山区的多单元性,使得岩溶地下水的开发不仅需要而且可能。大部分地区开发条件比较优越,其主要原因是单元流域多为独立的、闭合的集水盆地,地下水位不完全受深切大河排泄基准的控制。加之多含水层和多隔水层的特点,使得在一个单元流域内既有深层水也有浅层水。例如湖南省洛塔地区是一典型的向斜单元流域,由三叠系和二叠系灰岩构成三个主要含水层,从标高 $500 \sim 1\,200$ m 都有泉水出露,采取堵洞成库的方式开发获得了良好的效益。在贵州省分布有大量的以寒武系娄山关白云岩为核心、以志留系碎屑岩为边界的背斜状单元流域。其背斜谷地中的白云岩溶蚀裂隙富含岩溶水,且埋藏浅、富水性均一,形成了很多大中型水源地。这些水源地解决了农村及城镇供水。

这里应特别指出,目前岩溶山区地下水的开发利用率很低,出现“地上水贵如油,地下水滚滚流”的局面主要不是技术问题,而是体制以及认识问题。

另外,对于每个单元流域都应制定科学的水资源开发利用方案,实施地表水-地下水联合开发管理,水资源及水电资源联合开发。

2. 以扩大森林覆盖率为中心,改善单元流域的生态环境

南方岩溶山区的水土流失和石漠化的规模、速度都是惊人的。据初步调查研究,贵州省石漠、半石漠化面积大约以 25 年翻一番的速度扩展;每年土壤流失达 7.6×10^8 ha。相当于 1.1×10^5 人口丧失生存环境。因植被破坏,涵养水源能力降低,河流流量普遍减少。从 19 世纪 50 年代末到 80 年代初,广西 324 条河流中,有 102 条的流量减少 50% ,146 条减少 30% ,21 条基本断流。著名的漓江水量也明显减少,最枯流量从 60 年代平均 $22.9 \text{ m}^3/\text{s}$ 减少到 80 年代的 $13.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

扭转和根本治理上述状况的基本途径是以单元流域为单元,在解决水源的基础上,改变耕作制度,以少量的高产田保证口粮,将山高、坡陡、水深的石山地退耕还林。在每个单元流

域内都要建立并稳定一定面积的生态林。

关于生态林的树种问题,要根据单元流域的具体地貌、岩性、土质、小气候等生境因子进行选择 and 配置。西南岩溶区绝大部分地区的地带性植被是常绿阔叶林,目前已普遍逆向演替为灌丛。在当地优越的水热条件下,若加以人工诱导,植被的恢复是完全可以加快的。应当指出,有很多树木非常适宜在南方岩溶山区生长,其生长速度较快且经济价值较高,在植树造林时应首先选择。例如,杜仲、乌桕、香椿、漆树、油桐、构树、榕树等均可在地表溶蚀裂隙中或瘠薄的石灰土上良好地生长。

3. 以外向型生态农业代替传统农业

所谓外向型,指某一系统的内部活动和该系统外部取得联系,进行物质、能量、信息等交换。生态农业是指以生态学为原理,在生产布局上充分考虑生态环境、小生境类型与农作物、植物、动物等的生态学特征,使其相互协调一致;而在加工、生产过程中,则通过食物链连接,进行物质的多次而且有效合理的利用。

以往由系统外部输入到单元流域内部的物质、能量和信息很多,这主要体现为国家扶助的资金和粮油,这些输入并没有从根本上解决岩溶山区的贫困落后面貌。笔者认为这主要是没有利用好外部的输入使系统内部的功能进行正常的发挥,因此不但不能在系统内部利用好外部的输入和本身固有的资源生产加工出价值更高的产物,而且使那些输入迅速消耗在系统内部。

岩溶山区绝大多数单元流域内部均以传统农业为主,其表现是广种薄收。这对土地、劳动力、动植物等资源均是严重的浪费,对生态系统的功能又是严重的破坏。这种现象存在的主要原因一是岩溶生态环境本身的恶劣和脆弱,一是社会和历史的人为影响;而一直不能解决的原因在于采取的方针、策略不合理。笔者认为解决的办法是利用该区小生境类型多样化程度高的特点发展外向型生态农业。另外,在商品经济高度发展的今天,任何一个封闭的系统均不能发挥出较佳的经济效益,而必须对外系统开放,进行物质、能量、信息的交换。因此,发展外向型的生态农业是使单元流域成为经济发达、生态环境良好的必由之路。外向型生态农业的建立涉及科技、资金、人才、信息和教育的投入。

4. 发展乡镇企业,减少山区农业人口

总的来看,岩溶山区可耕地面积小、土壤贫瘠、土地匮乏,粮食生产受到限制,大量的人口集中在传统农业上,是没有出路的。另一方面,山地资源、矿产资源、旅游资源比较丰富,为乡镇企业及第三产业的发展,为转移过剩的农业人口,脱贫致富提供了条件。近几年来,在我国大西南岩溶山区出现了一些脱贫致富的典型,其共同的路子就是开发地下水,解决水源、能源问题,解决生存及温饱问题,重点开发矿产、优特山地资源及旅游资源,以乡镇企业振兴农村经济、支持农业。