

谢洪忠 杨世瑜 著

旅游地质系列丛书

林柱状 地质景观旅游价值



冶金工业出版社

<http://www.cnmip.com.cn>



赫胥狀

地质景观旅游价值

ISBN 978-7-5024-4420-4



9 787502 444204 >

定价 25.00 元

地质出版社 地质 / 旅游资源

昆明理工大学地学与矿业学科发展基金资助出版

林柱状地质景观 旅游价值

谢洪忠 杨世瑜 著

北 京
冶金工业出版社
2008

内 容 简 介

本书分为上下两篇:上篇为林柱状旅游景观篇,着重对林柱状地质景观的概念、类型、分布进行了系统性研究,全面介绍了国内外典型林柱地质景观;重点研究了滇中林柱状地质景观旅游地质属性,分析了滇中路南石林、陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色青林的景观特征、地层岩性、构造特点、形成发育过程、成景地质作用等内容,并做了对比说明。下篇为旅游价值篇,着重以滇中林柱状地质景观为例,探讨了林柱状地质景观旅游价值评价方法,提出了林柱状地质景观旅游开发中的人地关系协调模式及环境保护策略,对林柱状地质景观的旅游生命周期问题及可持续利用的方式进行了分析说明。

本书适合地质学、旅游学、地理学、资源环境与城乡规划管理等专业的本科生、研究生阅读学习。

图书在版编目(CIP)数据

林柱状地质景观旅游价值/谢洪忠,杨世瑜著. —北京:
冶金工业出版社, 2008. 1

(旅游地质系列丛书)

ISBN 978-7-5024-4420-4

I. 林… II. ①谢… ②杨… III. 旅游资源—地质—
景观—经济评价—云南省 IV. F592.99

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 186111 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027928 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 杨益园 美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 石 静 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4420-4

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2008 年 1 月第 1 版; 2008 年 1 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 8.625 印张; 231 千字; 267 页; 1-2000 册

25.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

序

20 世纪末，伴随我国旅游业的迅速发展，各学科向旅游领域渗透的过程中，地球科学逐渐成为旅游学科和旅游产业发展的重要支撑，旅游地学也得以形成和发展。地质体是旅游资源环境依附的基底，地质奇观是极重要的自然旅游资源，旅游资源的深层次开发和旅游资源环境的有效保护，均需要旅游地质学科理论与方法的支撑。

旅游地质学是伴随旅游业的发展而孕育产生的介于地球科学和旅游学之间的边缘学科，运用地质学的原理和方法，研究旅游地质资源（旅游客体）与旅游主体（旅游者）、旅游媒体（旅游服务设施等中间环节）、旅游环境之间的关系；以地质资源旅游资源化的理念，探索地质资源的社会化；以旅游学的视角研究地质资源，发掘地质资源的旅游价值、旅游功能，将地质资源转化为旅游资源，获取旅游效益，服务旅游事业。旅游科学与地质科学的原理、自然科学与人文社会科学的研究方法、现代地质科技与现代旅游观念的融合，开阔了旅游地质学的研究视野，提高了旅游地质问题的研究层次和深度，拓展了地质学的应用领域。

地质资源旅游资源化的理念是旅游地质学的核心。当前，地质遗迹保护、国家及世界地质公园建设是旅游地质资源开发与保护进入高层次发展阶段的里程碑，提供了旅游地质学科发展完善的良好机遇，促进了地质资源旅游资源化的进程。

地处大地构造单元接壤、地壳运动复杂、新构造运动强烈的云南大地，地质地貌类型多样，旅游地质资源丰富多彩，

路南石林、腾冲火山热海、丽江玉龙黎明丹霞等一批以高级地质奇观为依托的旅游风景名胜区、地质公园的建设，三江并流世界自然遗产的认定，创造了云南旅游地质学科发展的良好社会环境。在旅游地质研究积累的基础上，2000年，昆明理工大学地质资源与地质工程博士点开始培养旅游地质研究方向的博士研究生，有计划地进行了旅游地质学学术思想、理论和方法体系的系统研究。通过科研教学，在构建旅游地质学的基本理论和方法体系、旅游地质学科与旅游实践结合方面进行了有益的探索。

目前，旅游地质学科正处于开拓和发展中。为了系统介绍和展示旅游地质研究方向的发展和研究状况，促进旅游地质学科的发展、促进地质资源旅游资源化，以旅游地质博士学位论文及相关研究成果为主体，编写了《旅游地质系列丛书》。将《旅游地质系列丛书》献给为旅游地质学科发展、地质资源旅游资源化辛勤耕耘的科技工作者，献给所有以旅游推动社会经济发展的人们。

《旅游地质系列丛书》策划人 杨世瑜

2007年10月17日

于昆明理工大学

前 言

本书的研究内容属于旅游地质学学科领域，以旅游地质学原理和方法为理论指导。旅游地质学是运用地质学的原理和方法，研究地质作用所产生的地质现象和地质体，并从中发现具有观赏性、科考性和商品性的地质遗迹景观，进而开发、综合评价及保护地质遗迹的一门新兴综合学科。旅游地质学经过杨世瑜教授等众多专家的努力，渐趋成熟。

随着旅游地质学的不断发展和完善，对旅游地质景观系列的研究不断深入。林柱状地质景观作为旅游地质景观系列的重要类型，对其进行系统化、综合化、专门化的研究十分必要。

林柱状地质景观是指整体呈现林状之貌，单体有柱体之形的地质景观。这是一类具有独特旅游功能的地质单元或地质景象。林柱状地质景观国内外分布广泛，云南为集中区域之一，尤以滇中范围内的路南石林、元谋土林、陆良彩色沙林、元江彩色膏林为典型，各林柱状地质景观均面临旅游开发与环境保护的现实问题。

林柱状地质景观无论成景地层、成景条件、成景作用、景观的形成和发育过程均与地质相关联。因此，在全面认识各类林柱状地质景观和地质属性的基础上，进一步探讨林柱状地质景观旅游价值可持续体现的策略和方式，有利于人地关系的和谐发展，促进地质公园建设，提高旅游开发与环境保护水平。

本书选择林柱状地质景观作为重点研究对象，可以说找

到了旅游地质学研究新的切入点,有利于拓展对该类景观系列认识的广度和深度。对旅游地质学的应用、检验、完善和拓展有重要的理论和实践意义,有利于林柱状地质景观的旅游开发与环境保护,有效实现地质资源的旅游资源化,产生良好的社会、经济效益,带动区域经济的发展。

书稿的出版只是抛砖引玉,林柱状地质景观旅游价值的研究还需深入和强化。对于书中存在的不足之处,恳请各位专家学者指正。在此也向所有为编纂出版本书提供帮助的领导、师长、学友和同事们表示感谢。

著 者

2007年4月

目 录

上篇 旅游景观篇 林柱状旅游地质景观

1 概述	3
1.1 概念界定	3
1.2 林柱状地质景观的国内外研究现状	6
1.3 林柱状地质景观研究意义	15
2 林柱状地质景观类型	23
2.1 林柱状地质景观分类	23
2.2 成景岩性类型	26
2.3 成景作用类型	28
2.4 成景固结程度类型	30
3 国内外林柱状地质景观特征	31
3.1 林柱状地质景观形态特征	31
3.2 国外林柱状地质景观特征	34
3.3 国内林柱状地质景观特征	44
4 滇中林柱状地质景观特征	67
4.1 区域自然与地质环境	67
4.2 路南石林	70
4.3 陆良彩色沙林	86

4.4 元谋土林·····	100
4.5 元江彩色膏林·····	119
4.6 滇中林柱状地质景观特征类比·····	126

下篇 旅游价值篇

滇中林柱状地质景观旅游价值

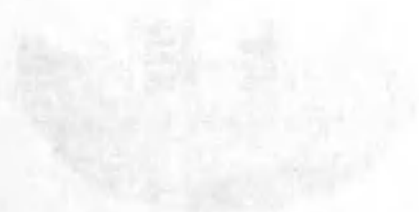
5 林柱状地质景观旅游价值评价 ·····	147
5.1 林柱状地质景观的旅游地质特征·····	147
5.2 旅游价值评价的因子特征及评价方法·····	148
5.3 林柱状地质景观评价因子的选取与评价方法·····	152
5.4 地质公园的条件评价·····	153
5.5 林柱状地质景观特征因子评价·····	178
5.6 旅游综合条件评价·····	180
6 林柱状地质资源开发中的人地关系与环境保护 ·····	187
6.1 旅游地质资源人地关系系统·····	187
6.2 滇中林柱状地质景观开发中的人地关系现状·····	191
6.3 人地关系协调发展模式与保护策略·····	197
7 林柱状地质景观旅游地生命周期与可持续利用 ·····	207
7.1 旅游地生命周期理论的应用及量度·····	207
7.2 滇中林柱状地质景观旅游生命周期阶段·····	209
7.3 滇中林柱状地质景观的可持续利用·····	213
结 语·····	242
参考文献·····	247
Research on Geological Landscape of Forest-pillars Form ···	254
附 图·····	262



LÜYOUJINGGUANPIAN

旅游景观篇

林柱状旅游地质景观



詩經集解

卷之五

1.1 概念界定

1.1.1 景观

景观从不同的角度有不同的解释。景观是一源于德文的古老词汇,最初只是泛指一片或一块乡村土地的风景或景色,并没有一个明确的空间界限。16世纪末,“景观”开始作为绘画艺术的专门术语,指陆地上的自然景色。17世纪以后,在园林设计中,景观成为描述自然、人文及其共同构成的整体景象的概念。包括自然和人为作用的任何地表形态,常用风景、风光、景色、景象等术语描述。至此,“景观”一词主要是从视觉美学的角度理解,景观即“意味着风景(landscape),是具有视觉形象的造型”。

直至19世纪初,近代地理学创始人洪堡(A. Von.) (1769~1859)将景观概念首次引入地理学,并从此形成作为“自然地域综合体”代名词的景观概念。地理学的景观是指地球表面上由气候、土壤、植被、地形、水文等自然要素,以及文化要素组成的地理综合体,具有整体性与综合性,在一定程度上有生态系统和生物地理群落的性质。泛指一定区域及地段内的气候、水文、植被、土壤、岩石、地貌和动物界的总和,反映一定自然地理环境内的综合特征。

“狭义的景观则是指自然区划工作中的最低级单位”。“广义的景观具有宏观性、综合性和地域性,一种景观能够充分反映这一地区各种自然地理要素的组合特征与人为影响”。

现代发展起来的景观生态学,它所指的景观是指在地域上相

邻,功能和性质不一,有不同生态特征的地域类型。

从旅游学的角度看,景观“泛指可供观赏的景物”,包括自然景观与人文景观,可作为旅游吸引物。

1.1.2 地质景观与旅游地质景观

地质景观是指在一定自然环境条件下形成的具有旅游价值的地质现象或地质构造形迹。地质体、地质现象、地质构造形迹构成了千姿百态的形色组合和造型各异的地质景观,既具有不同的观赏价值,又具有丰富的科学内涵。地质景观作为地质作用的产物,都是内生地质营力和外生地质营力共同作用的结果,经历了漫长的地质历史和地质作用,在成因上具有神秘感和吸引力。因此,其观赏性、趣味性、奥秘性是旅游价值的决定性因素。

随着旅游的发展,有的地质资源对旅游者有很大的吸引力,具有观赏性和科学性,吸引游人,并可以反复利用,就地消费,二次污染小,与矿产资源的耗竭性使用已有明显不同。一般而言,矿产资源主要满足生产生活等方面的物质需要,属消耗性利用方式,对环境负效应较大。而地质资源的旅游资源化,使地质资源不再局限于矿产开发,不只作为生产生活资料开发利用,可转化为具有旅游价值的地质资源,表现出稀缺性、不可再生性、地域性、有用性的特征。

旅游地质资源是自然旅游资源中,具有观赏价值或地学科考价值的地质体及地质现象所构成的地质景观。相应地将旅游地质景观定义为指具有旅游功能,能对旅游者有吸引力、能激发人的旅游动机、能吸引旅游者的地质单元或地质景象。泛指能作为旅游资源的、地质作用(内生的、外生的)形成的地质景象(地质体,地质形迹,造型或物质、形、色、组构单元),以及由地质景象所决定或依附于地质体的土壤、植被、水文、地貌、气象及人类活动形迹的地质资源环境总体。并总结认为旅游地质景观具有下述特征:具有一定地质实体,一定地质景象;具有一定形体;具有一定的或独立的单元;具有一定的观赏价值,科考价值;具有

旅游价值的地质单元。

1.1.3 林柱状地质景观

在对景观、地质景观、旅游地质景观综合性认识的前提下,相应的林柱状地质景观是指具林柱体形态、地质特征突出的旅游地质资源或旅游地质景观。这样的景观有很强的视觉冲击力、感染力、震撼力及地质特色,有利于开展旅游活动,属于有较高旅游价值的旅游地质景观,成为在区域中具有一定景色、景象和形态结构,可供观赏、体验的客观实体或具文化内涵的地质旅游吸引物。从视觉美学的角度看,也是一种风景,从人地关系的角度看,与其他要素在地域上构成一种地域综合体。

林柱状地质景观的造型在地表之上整体呈现林状之貌,单体有柱体之形。柱体也会因主观认识、观察角度的不同,而有不同的体态和象形形状。

更广泛而言,地下也有具林柱体形态的景观,如地下喀斯特溶洞中的钟乳石、石笋、石柱等形态。岩溶型地下林柱属遍在性的旅游资源,全世界有碳酸盐岩分布的地区,大多有喀斯特洞穴(地下林柱)发育。滇中区域中的九乡溶洞、弥勒白龙洞、泸西阿庐古洞均是著名的地下林柱地质景观。

林柱状地质景观的概念分别从“形”与“质”两方面体现了林柱体的特色,一方面界定了景观形态,另一方面强调了影响景观形成与演化的本底因素是地质属性。

林柱状地质景观形态各异,有的呈剑状,有的呈蘑菇状,有的呈塔状,针状,不规则状的也有,具有平台、方山、峰墙、峰丛、峰林等景观类型,似人喻物,象形形态丰富,与其他的负地形组合成更加多姿多彩的林柱世界。林柱状地质景观有一共同特征,即高出地表有一定垂直距离,具有柱体特征,且整体景观呈林态之貌。林柱状地质景观作为一个有特色的旅游地质景观类型来研究,有其重要的理论和实践意义。

1.1.4 滇中与滇中“四林”

本书所说的滇中是指涵盖受康滇地轴控制的云南中部。从地理域的角度看,指的是云南中部;从地质域看,滇中可指康滇地轴范围,涵盖了路南石林、陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林所在的昆明、曲靖、楚雄、玉溪等地。

云南旅游业确立了“一个中心”,“五大片区”的发展思路。“一个中心”是指“滇中大昆明国际旅游区”,涵盖昆明、玉溪、楚雄、曲靖等滇中地区。所涵盖的主要研究对象,路南石林、陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林即位于其中。本书将这四片林柱状地质景观简称为滇中“四林”。

1.2 林柱状地质景观的国内外研究现状

旅游地质学是地质学与旅游学交叉而形成的新兴学科领域,旅游地质学与旅游地理学一道构成旅游地学。旅游地学先于旅游地质学提出,“旅游地学”一词由陈安泽、李维信在1985年中国旅游地学研究学会成立大会上首次提出。1991年陈安泽、卢云亭等人又指出:“旅游地学是地球科学的一个新兴分支学科,它是研究人类旅行游览、体疗康乐与地球表层物质组成、结构及能量迁移、变化之间关系的一门科学。它包括地质和地理两种旅游环境,是旅游地质学和旅游地理学两门边缘学科的总称。”从学科归属上讲,旅游地学是地球科学与旅游学之间的分支交叉学科,是旅游地质学和旅游地理学的综合体,与旅游地质学是包含关系,旅游地学研究范围更广。

陈安泽等人主编《旅游地学概论》及《旅游地学的理论与实践(共七集)》丛书,汇集了专家学者在旅游地学的分支领域旅游地质学、旅游地理学的较新成果。王守春、陈传康认为陈安泽等人较为“系统地提出了旅游地学的理论基础,分析了旅游与地学环境之间关系的基本规律,包括自然旅游资源形成的基本条件、地

学形成条件、地学特征和风景审美原理”。丛书中其他专家学者也通过自己的实证研究和理论分析，共同完善了旅游地学的理论方法、内容体系、实践应用等方面的内容。

相比较而言，地理学较早地涉入旅游领域，既指导了旅游实践，也形成了一套较为完善的学科体系。

虽然在旅游地学中分析了地质与地理环境对旅游的影响，旅游地学的整个体系也基本成形。但就单独的分支学科旅游地质学与旅游地理学而言，旅游地质学比旅游地理学发展较为滞后，才处于开拓形成的过程中，并没有形成较为全面、系统的学科体系，尽管地质学在实践中指导着旅游，但上升到理论进行规律性论述的旅游地质学，在过去几年并没有出现。而旅游地质学要保持学科的独立性，需要有自身专门的研究领域、研究方法与理论，这是旅游地质学存在与发展的前提与基础。

杨世瑜教授等人主编的《三江并流带旅游地质资源的开发与环境保护》及《旅游地质学》，系统、全面地从实践到理论将旅游地质学推向深入。《旅游地质学》被南开大学出版社作为高等院校旅游专业系列教材，得到了有关高校的好评。这两本书依托杨世瑜教授主持的云南省教委“丽江一中甸地区旅游地质资源开发策略”(1998.7~2000.6)、“迪庆州旅游地质资源开发策略”科研项目(2000~2001)，云南省省院省校合作项目“三江并流带旅游地质资源开发与环境保护”(2001~2002)，云南省科技攻关项目“乡村生态旅游发展模式与典型示范研究”(2003~2005)等旅游地质方面研究项目完成。

书中从旅游学的视角研究地质资源、地质景观。除对旅游地质资源有地质学分析外，对旅游地质学若干概念、原理、方法、理论等方面均有论述，丰富了旅游地质学的内容，提出了许多新思路、新方法，既注重实际运用，也注意理论研究，逐步形成了系统的旅游地质学学术思想体系和研究方法，为旅游地质学的发展做出了重要贡献，是旅游地质学单独成为一门学科的重要体现。旅游地质学是运用旅游学、地质学的原理和方法，研究地质

作用所产生的地质现象,并从中发现具有观赏性、科考性和商品性的地质遗迹景观,进而开发、综合评价及保护地质遗迹的一门新兴综合学科。可见旅游地质学是旅游科学与地质科学、人文社会科学与自然科学融合而成的交叉学科。

书中也论述了旅游地质学的研究原理和方法,研究对象和研究内容、研究任务等与学科体系构建相关联的专题,从单纯地质体现象的研究,到抽象、概括层次的规律性探索,经历了从实践到理论再到实践的质的变化,认为旅游地质学的创立和发展体现了地质科学从传统的以地质找矿为主的“矿产型”学科理念,拓展到目前以服务社会环境,促进人地关系协调持续发展的“社会型”学科和理念变化。

另外,还辨析了旅游地质资源与地质旅游资源、旅游地质与地质旅游的区别和联系,认为地质资源旅游资源化是将地质资源开发的利用形式由采掘地质体作为矿产资源加工利用到不破坏地质体,体现其旅游价值的过程。并分析了地质资源旅游资源化的途径和策略。以系统论为基础,提出了三江并流带旅游地质景观构建系列的依据,明确了类、型、式的系列结构,全面划分了三江并流带旅游地质资源景观系列,并提出了一套具创新性的旅游地质资源分类方案,把旅游地质学从实践和理论两方面都推向了更高的层次,创新了旅游地质学的学科内容和体系,完善了旅游地质学有关的理论和方法。成为现阶段旅游地质学开拓性的论述。

此研究成果大大拓展了地质学运用范围,在实践过程中逐渐形成和发展了旅游地质学的理论,使旅游地质学作为一门专门化的学科有了自身独特的研究领域、方法与理论。为地质学指导旅游实践提供了新的思路,使旅游地质学更加丰富,为地质资源与旅游科学有机结合提供了依据和指导。

陆景岗用地质学知识解释旅游景点的形成、分布与特征,较为强调地质学机理,探讨了各种地质旅游形式,所著《旅游地质学》一书,地质论述较为透彻。

旅游地质学通过众多专家学者的建设,已达到了一定的理论水平,日臻完善和丰富,并运用到一些重要的课题中,指导了旅游地质资源开发与保护的实践活动,并取得了公认的成果。

林柱状地质景观这一系统性的提法,未在信息检索中查到。杨世瑜教授于2003年提出了林柱状旅游地质景观的理念,构思了林柱状旅游地质景观研究的系统方法。

石林、石英砂岩峰林等林柱状地质景观在现实中的客观存在,使相关研究具备了一定的基础。

以石林为代表的岩溶型林柱状地质景观的研究历史较早。“石林”一词最早见于公元前300多年的楚国诗人屈原的《天问》,诗中提到:“焉有石林?”。在公元280年前有了石林的专门描述。

中国乃至世界上最早的有关岩溶型林柱的地貌图是湖南省宁远县南部九嶷山的峰丛地貌。该图成图于公元前168年以前,为现存最古老的彩绘帛地图,于1973年长沙马王堆三号墓出土,图中用柱状符号表示峰柱,用鱼鳞状图形表示峰丛洼地。

著于约公元1世纪西汉时代的我国第一部药物学著作《神农本草经》中,绘有地下林柱“石钟乳”和其他一些洞穴次生碳酸钙沉积物的名称,并对其药用价值作了说明。

明代徐霞客(1587~1641),是我国古代著名旅游家和地理学家,其所著的《徐霞客游记》用了较大篇幅对岩溶林柱状地质景观作了记述。公元1636~1640年,徐霞客用了近4年的时间在中国南方岩溶区行程万里,准确、细致地记述了热带亚热带石林、峰林型地貌的分布,划分了岩溶景观系列,描述了各种岩溶景观形态,对地上部分的林柱状景观作了专门说明,用了一些原有和原创的专门名词,如“石山”、“峰林”、“天生桥”、“石乳”、“乳柱”(石柱)、“石幢”等。

清康熙年间的《路南州志》,记录了路南李子箐石林得来之缘由,对路南石林也有描述:“石林,岩高数十仞,攀援始可入,其中怪石林立,如千队万骑、危檐逐窟,若九陌三条,色俱表,嵌结玲珑,寻之莫尽,后有伏流清冷如雪”。

“喀斯特”一词最先源于前南斯拉夫一高原。国外专家对南斯拉夫喀斯特高原的研究较早,对碳酸盐岩地区喀斯特作用规律有了初步的认识,掌握了喀斯特发育的一般演化模式,对这类型的林柱的景观形态、成景机理有较多的论述和说明。

研究表明,世界上最具典型性、优美性,知名度最高的热带、亚热带喀斯特林柱当数东亚、东南亚等地,特别是中国南方。这里喀斯特分布面积最广,类型最为多样,发育最为完美。20世纪初期,法国人就对东亚、东南亚的喀斯特实地考察过。提出现今普遍认为和使用的热带、亚热带喀斯特术语。例如汉德麦赛迪斯(Hander Mazzettis)和莱曼(O. Lehmen)根据他们在中国的考察提出了“kegel karst”(圆锥状喀斯特)一词。

20世纪50年代以来,外国学者对中国岩溶地貌有了更多的研究成果,如威斯姆(V. Wissman, 1954)对中国南方和越南北部的锥形喀斯特(cone karst)和塔状喀斯特(tower karst)的发育作了阐述,并作出分布图。

最近几十年来,国际著名专家、学者如巴朗兹(D. Balazs, 1962)、格莱特(J. Gellert, 1962)、塞纳尔(J. Silar, 1965)、帕纳克(H. Paloc)、埃文斯(J. Avias)、拜克(W. Back)、莫伦瑞(W. Monroe)、杰宁斯(J. N. Jehnings)、瑞林克(J. Roglic)、福德(D. C. Ford)、威特(W. B. White)、威肖姆(T. Waltham)、斯威汀(M. M. Sweeting)和威廉姆斯(P. W. Williams)对中国岩溶地貌进行了考察,并有相关林柱状体的论述。

20世纪20~50年代,我国的岩溶研究以洞穴考古、岩溶地貌调查为主。1961年中国科学院全国喀斯特研究工作会议论文及中国地质学会召开的第一届喀斯特学术会议。但60年代中期至70年代,岩溶研究基本停滞。70年代后,岩溶研究发展迅速,岩溶各方面研究取得显著成果,在有关林柱体的岩溶名词术语、岩溶形态组合、形成和演化发育、溶蚀机理、地球化学物理作用等方面有较大进展。

中科院院士袁道先(1994)所著的《中国岩溶学》一书,对岩溶

的基本特点和发育条件,各类型岩溶的特征、岩溶环境问题、岩溶水资源问题作了深入研究,并提出根据岩溶地表与地下景观的特点,开展岩溶风景旅游的建议。在袁院士主持下,中外岩溶学者合作完成了国际地质对比计划 IGCP 第 209 项“地质、气候、水文与岩溶形成”研究项目,对石林、峰林等岩溶林柱作了对比分析说明。

袁院士还在首届中国陆良国际沙文化研讨会上论述了国外也有类似沙林的林柱状地质景观,在美国、毛尼塔尼亚、土耳其都有分布。如美国有中上新世土林、新墨西哥州有二叠纪的含石膏晶片的天然林状地貌。在土耳其中西部有凝灰岩质林柱,为第三系凝灰岩地层,距今约 3~5Ma,属世界自然遗产地,为土耳其国家公园。但未见类似于陆良彩色沙林的彩色林柱状地质景观,只在美国亚利桑那州可见略有起伏的彩色沙漠。

一些世界自然遗产、世界地质公园和国家公园有林柱特色。如武陵源石英砂岩峰林申报世界自然遗产和世界地质公园的文本,对武陵源石英砂岩峰林地质特征、景观特征有相应论述。熊若慰、明庆忠、耿宏等人的研究(1999)对石林的地质与景观特征、旅游的开发与保护均有相关阐述。梁永宁(2002)等人主编的《中国石林》丛书,涵盖了石林研究的众多内容,对石林的形成、演化发育、景观特征均有详细的论证。李玉辉博士论文(2000)对石林岩溶景观特征及发育演化作了较为系统分析。另外石林基金的资助对石林的研究的推动起了重要作用,相关研究成果颇丰。2004 年路南石林以其典型的林柱状喀斯特地质景观,成功申报了世界地质公园,申报过程中对石林的地质特性进行了国内外对比研究,涉及到地质成因、地质背景、景观特征、演化发育模式、自然地理环境特征等内容。

陈国达教授把石英砂岩峰林地貌景观改称为武陵源峰林地貌景观,并认为这类景观峰柱外形轮廓棱角清晰,区别于岩溶和风化等成景作用。有其形成的物质条件、地质构造、内外动力条件,该地以罕见的中、泥盆世石英砂岩(云台观组为主)峰丛、峰

林地质地貌为特征。

广东仁化的丹霞地貌，赤壁方山是其景观的主要特色，其中也有称为“石”的林柱体，有关资料对其景观特征、成因、演化、发育、地质意义有一定的描述和说明。

在国内外一些地区，还有与石英砂岩峰林、喀斯特石林，在岩性、成因、景观形态不相同的林柱状地质景观。如土林、黄土柱、沙林和膏林等林柱状地质景观，其中有的具彩色特征，如陆良彩色沙林、元江彩色膏林等。

杨世瑜教授等人编著的《旅游地质学》中认为这类林柱状地质景观属淋溶地貌景观，“是指新生界的第三系及第四系湖泊相、河流相的各种黏土，砂、砾石松散堆积物，在干燥气候环境中，受季节性雨水的淋溶侵蚀，冲刷而形成的地貌景观，多发育在荒芜的瘠地劣地环境中，是一种特殊的地貌景观组合”。

明庆忠教授就元谋土林与丹霞地貌景观特征、地质属性、发育与演化、开发与保护的共性与差异作了分析论证。并在元谋县旅游总体规划中对元谋土林的旅游开发与保护作了规划。

肖星(2002)认为石林属岩溶地质景观，陆良彩色沙林、元谋土林属特异地貌类型。

西藏自治区阿里扎达土林、吉林乾安泥林、西昌黄联土林也是类似于元谋土林的特异地貌。

云南林柱状地质景观众多，以滇中地区的石林、元谋土林、元江彩色膏林、陆良彩色沙林为典型代表。

为深入发掘陆良彩色沙林的旅游价值，在杨世瑜教授等人的组织下，云南省于2003年3月召开了首届中国国际沙文化学术研讨会·陆良论坛，罗明义强调要重视类似沙林等地质旅游资源的开发与保护。会议内容涉及陆良彩色沙林的地质意义、成因、演化发育、古环境变迁、地质背景特征、景观特征及其开发与保护策略、沙文化与沙雕艺术等方面，填补了沙林研究的一些空白，对彩色沙林的开发与保护有重要的参考价值。会后出版了论文集。

元谋土林地貌景观广泛分布于元谋盆地新生代的地层中，干

热盆地气候、河湖相地层条件、垂直节理发育、构造运动及流水冲刷是其形成的主要因素，现保留有总面积达 50 余平方千米的林柱状地质景观。徐霞客对元谋土林有实地考察的记述，他曾由元谋马街到大姚途中经过班果、新华一带土林地区，较为详细地描述了班果大沙沟土林。“…涉枯间乃蹶坡上，其坡突石，皆金沙烨烨，如云母堆垒，而黄映有光。时日色渐开，蹶坡上，如身在祥云金粟中也”。

钱方等人对元谋第四纪和古人类进行了深入研究，为土林的岩性、沉积相、韵律变化、成景地质作用、成景演化、土林形态特征、土林的保护、土林与元谋古文化的旅游联动等方面的研究提供了翔实而准确的资料。其他专家学者的论著也对元谋第四纪沉积物——土林有相关的论述和说明。

元江彩色膏林是杨世瑜教授根据其地质及景观特征命名的一种特异地质地貌类型。他认为元江彩色膏林特殊之处在于成景物质中含有膏盐物质，且在柱体表面，常常形成一层含有膏盐类泥浆状外壳保护，使柱体立而不倒。该种类型罕见，目前仅发现于云南元江县，具有较高的科学意义和旅游价值。

杨世瑜教授于 2002 年 1 月撰写了题目为《俊秀绮丽的元江彩色膏林风景区》的考察文章，刊登在《春城晚报》上，首次向社会介绍元江彩色膏林。《旅游报》、《文摘周刊》又予转载。随后，中央电视台 10 频道《走进科学》栏目，在杨世瑜教授等的配合下，于 2002 年 7 月摄制了元江彩色膏林专题片，引起了地质、旅游及社会各界的广泛关注。同时，杨世瑜教授等人又对彩色膏林形成背景、形成条件、发育过程、形态景观、开发价值、开发环境、资源保护等方面进行了全方位考察，初步评价了元江彩色膏林的旅游资源开发价值，揭示了成因规律，并撰写了“元江彩色膏林景点旅游地质资源开发可行性研究”项目的阶段性总结性报告，是首次系统性论述元江彩色膏林旅游开发与保护的文献，为元江彩色膏林的进一步研究打下了良好的基础。

目前，针对单一林柱状地质景观的研究有一定成果，主要集

中在路南石林。综合性、对比性的研究也有吴志亮教授、杨世瑜教授(2003)“元江彩色膏林及类似旅游地质资源开发与保护”及王嘉学(2003)等“滇中三林旅游开发及调整对策初探”等文章。

总的来看,以路南石林、元江彩色膏林、元谋土林、陆良彩色沙林为代表的滇中林柱状地质景观中,石林地质资料有一定的积累,但其他几个景区地质资料较为缺乏,需要在论文过程中注意调查和分析,为基于地质属性的旅游价值的综合与对比研究提供依据。

旅游价值的研究(评价)有许多的方法与指标。这些方法与指标源于爱华德(Edward, 1965)、皮特(Peter, 1965)等。从单因子定性评价发展到多因子定量与定性相结合。评价方法主要有:经验评价(郑克磊, 1982)、美感质量评价(李顿(Litton), 1982, 1986; 保继刚等, 1991)、美学评分法(俞孔坚, 1988)、“三三六”评分法(卢云亭, 1988)、单因子评价法(王家骏, 1988; 刘继韩, 1988; 陈诗才, 1933)、综合价值评价法(李功阳等, 1986)、模糊(Fuzzy)数学评价法(杨汉奎, 1987; 刘桂华等, 1998)、层次分析法(保继刚等, 1991)、综合评分法(魏晓鞍, 1984)、观赏型旅游地综合评价法(楚义芳, 1989)、价值工程法(罗成德等, 1992)、指数表示法(佛伦特哥, 1992; 刘桂华等, 1998)、特征值法(尹泽生, 1992)。

众多的方法说明评价的思路有差异外,选取的指标也是各不相同,如卢云亭的“三三六”评分法,选取了三大价值、三大效益、六大条件作为评价指标。各方法都有一定的应用范围和作用,但对有特色意义的林柱状地质景观的评价,则应专门有一套评价的指标和方法,在这方面研究有待拓展。

综合国内外林柱状地质景观的研究状况看,对林柱状地质景观的研究程度不一,如石林的研究历史悠久,积累资料丰富,研究较为全面、深入。但对彩色沙林、土林、元江彩色膏林等“新、奇、特”的林柱状地质景观地质属性、景观特征的研究有待拓展;林柱状地质景观的综合分析与国内外对比论证还有提升空间;尚

缺乏对沙林、土林、膏林等特色林柱状地质景观旅游价值更为详尽、全面的研究。

正是有了前人在旅游地质学领域的开拓和创新,林柱状地质景观研究也有一定的成果,使本研究不是“无源之水、无本之木”,有利于将本研究的内容有所深入和拓展。

1.3 林柱状地质景观研究意义

1.3.1 理论意义

本书是对旅游地质学理论的应用和拓展,完善和补充。并对认识林柱状地质景观的地质科学属性和规律,探讨与旅游学的结合的途径和方式,构建旅游地质学这一边缘、交叉学科的理论体系,完善旅游地质学研究内容和方法,拓展旅游地质学研究对象均有理论和科学意义。同时检验旅游地质学的已有理论和方法,并通过实践操作层面,丰富和完善旅游地质学的学科内容和体系,提高旅游地质学的理论水平及创新旅游地质学研究方法,使理论与实践联系更加紧密,两者相辅相成。

在前期工作中发现,别人的工作目前大多集中在林柱状地质景观个体研究上,少有对比,或偏重于地质,或偏重于旅游,未有全面针对世界及滇中林柱体地质景观地质与旅游更全面、系统的论述。本书的目的就是想运用旅游学与地质学的基本方法,综合分析林柱状地质景观的地质特征、景观特征及其旅游价值,寻求不同林柱状地质景观的共性和异质性,为旅游价值的评价和发掘提供依据和参考,选择这方面的研究可能更具内容和学术思路的新颖性,有利于旅游地质学理论体系的完善。

1.3.2 实践意义

1.3.2.1 符合现实需要,具有一定的应用价值和实践意义
关注林柱状地质景观旅游价值,有利于指导林柱状地质景观

旅游开发,有效实现地质资源的旅游资源化,力促林柱状地质景观产生良好的社会、经济效益。

林柱状地质景观,是一种可供旅游开发利用的旅游地质景观,有较高的旅游价值。有的已是著名的旅游景点,如云南的石林、彩色沙林;有的开发不够充分,如云南元谋土林;有的具有一定的旅游潜力,但尚未开发,如云南元江彩色膏林等。发掘它们的旅游价值,是旅游发展的重要动力,也是涉及到林柱状地质景观所在区域旅游、区域经济的大问题。为此本书着重以研究者较为熟悉的滇中林柱状地质景观为例,充分论证了它们的位置、特征、分布、成景地质作用、景观系列结构、旅游吸引力、旅游开发与保护方式,并与国内外类似景观相互对比,结合现实状况研究其旅游开发过程中存在问题及其原因,从综合性、对比性、归纳性的角度,全面、系统分析林柱状地质景观的共性和个性,达到发掘林柱状地质景观的旅游价值。因此本书对林柱状地质景观的旅游开发,具有重要的实践指导意义。

石林等滇中林柱状地质景观形态上相似,但在地质成因、景观特征、演化规律、成景地质作用、地质环境影响因素等方面均有不同。在地质属性上既有共性,也有个性,为正确认识它们的地质科学属性,通过本书的综合分析与对比研究,可以从景观系列、景观大类的角度把握林柱状地质景观的特征,突出不同林柱状地质景观特征和差异。

以云南的路南石林为例,有关它的形态结构、景观特征、形成和发育过程及旅游开发,有较多的研究和成果,对成功申报世界地质公园起着重要作用。但从地质角度深入探讨旅游开发,建设世界地质公园的研究,还有潜力可挖。相对而言,有些林柱状地质景观的地质研究还不成熟。如何科学地评价、开发林柱状地质景观,需要研究的内容还有很多。以石林作为研究的参照,进行林柱状地质景观的纵向与横向的科学对比,研究各自的旅游价值、突出特色,这对各林柱状地质景观旅游的可持续发展、带动区域旅游发展有着极其重要的作用。

林柱状地质景观形状类似,为避免同质竞争,研究和突出各自旅游价值是非常重要的。石林世界地质公园的申报成功,为其他林柱状地质景观体现旅游价值提供了借鉴。为突出各自特色,打好旅游个性牌,需要对林柱状地质景观加强研究,发掘各自旅游价值,力求做到共谋发展、优势互补、突出特色,取得良好的经济和社会效应。

1.3.2.2 符合旅游经济的现实要求,有利于旅游发展

做好林柱状地质景观旅游价值的研究和提升,是对云南乃至中国旅游业发展的有利促进,也有利于区域经济发展。

据世界旅游组织测算,旅游业每投资1元钱,相关行业就增4.3元,旅游业每直接就业1人,社会就可以新增5个就业机会。因此,大力发挥云南旅游资源优势,转化为旅游产业优势,将有利于脱贫致富,实现充分就业。

目前,云南国内客源与国际客源之比为97%:3%。国际客源2005年达5%,预计2010年将达10%,2020年增长到15%。截至2004年12月初,云南接待国内外旅游者4576.18万人次,旅游总收入达250亿元,同比增长19.1%。其中接待海外旅游者76万人次,同比增长24.8%,实现旅游外汇收入2.81亿美元,同比增长37.6%;接待国内游客4500.18万人次,同比增长22%,国内旅游收入226.78亿元,旅游经济呈现稳定发展的态势。

因此,云南旅游有良好的基础,国内外需求大,发展前景看好。

在云南旅游业的发展过程中,以石林县石林、陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林为代表的滇中林柱状地质景观旅游价值的发掘与体现,对旅游业的发展有积极的促进作用。

林柱状地质景观大多以林柱为特色,积极发展旅游,在不同程度上体现旅游价值,收到了良好的社会、经济效益。如石林世界地质公园现规划面积已达350km²,年接待游客约为160万人次,到2010年将达到200万人次,年接待各类研究学者2000

人次。

陆良彩色沙林通过旅游价值的发掘,现已成为国家级4A级风景区,取得了显著成效,旅游收入与旅游人次稳步上升,知名度显著提高。

元谋土林现为国家2A级风景名胜区,也在积极规划和发展,力求突出其特色旅游价值,提高旅游知名度,吸引广大游客。

元江彩色育林是刚发现、刚命名的林柱状地质景观,还不为广大游客所知,也需要吸取其他林柱状地质景观旅游开发建设的经验和教训,合理定位,找准特色,突出个性,避免同质竞争,争取景区有较快发展。

作为一类特殊的旅游地质景观,林柱状地质景观具有典型性,有的经过一段时间的开发,如路南石林、陆良彩色沙林,已体现出较高的旅游价值,发挥出观光、科考与科普,生态环保,旅游扶贫等多项功能。元谋土林资源优势也较明显,但旅游发展滞后于陆良彩色沙林类似景观,个中因素值得探讨。

滇中林柱状地质景观作为一类特殊的地质景观,与其他景观类型也存在旅游竞争的问题,通过研究,找到突出林柱状地质景观旅游特色的方式和方法,对指导旅游实践会有一定的帮助。

总之,本书力求综合分析与对比林柱状地质景观的旅游价值共性和个性,着重强调滇中“四林”旅游特色;构建林柱状地质景观旅游价值评价的指标体系和评价方法;针对不同的林柱状地质景观提出不同的旅游开发与保护策略,发掘新的旅游热点,找到更具特色的旅游活动方式,补充完善旅游活动内容。这对林柱状地质景观的旅游开发有一定的实践指导意义。

1.3.3 林柱状地质景观研究主要认识

1.3.3.1 拓展了旅游地质学的研究对象

选择林柱状地质景观作为研究对象,这是当前旅游地质学研究领域里,还未系统性、综合性、对比性研究的内容,找到了旅

游地质学研究新的切入点,符合研究方向的要求,对旅游地质学的应用、检验、完善和拓展有重要的理论和实践意义,具有新意和开拓性。

林柱状地质景观旅游价值研究,拓展了旅游地质学这一边缘交叉学科新的研究对象和研究领域。从学术上看,林柱状地质景观这一新的系列对象,属地质学与旅游学两门学科的交叉研究点,在学术意义上有一定新颖性。本研究有利于促进地质学与旅游学理论和实践内涵与外延的拓展,有利于推动学科发展,使学术研究更具交叉性与综合性。

林柱状是一外形描述的术语,从旅游美学的角度突出景观特征。同时,地质内外力作用影响林柱状外在形态的表现,对旅游价值的体现起着自然本底性的作用,也影响着该类地质景观的旅游开发与环境保护。研究表明,在林柱状地质景观这一交叉点上,地质学科与旅游学联系得更加紧密,相辅相成,相关研究有利于该类景观的旅游开发与保护。

通过林柱状地质景观的深入研究,在一定程度上有利于促进旅游地质学这一交叉学科的发展,充实了学科研究的内容,为其提供了更有力的实证分析和理论支撑点。

1.3.3.2 提出了林柱状地质景观概念与类型

系统提出了林柱状地质景观的概念,并把林柱状地质景观作为一种独特的旅游地质景观系列来加以研究,尝试性地划分了林柱状地质景观的各种类型,并全面系统总结了林柱状地质景观的国内外分布、景观特点,拓展了对该类景观系列认识的广度和深度。

林柱状地质景观是对客观存在的一类旅游地质景观的抽象概括。这一概念的提出,有利于加强人们对这一景观系列的系统研究,使相关研究更加系统化和综合化。根据林柱状地质景观的不同属性,划分了不同类型的林柱状地质景观,揭示出林柱状地质景观的亲缘或近缘关系。同时,在这一系列中通过不同林柱体的比较,全面了解了林柱状地质景观的共性和个性,对旅游宣传促

销中突出优势,减少同质竞争的不利态势,有针对性地发展旅游,有一定实践指导意义。

全面、系统收集了国内外林柱状地质景观的资料,并在对比研究的基础上,将林柱状地质景观这一系列,划分为不同的类型。

按成景岩性、成景作用、成岩的固结程度的差异,划分出不同的类型。按成景岩性差异分,有砂岩林柱、碳酸盐岩林柱、花岗岩林柱;按成景作用分,有岩溶型林柱、淋溶型林柱、风蚀林柱、海蚀林柱等;按岩层固结程度的不同,划分为石质、土质、半固结林柱。

例如,从成景岩性看,武陵源石英砂岩峰林、广东砂岩丹霞林柱属砂岩林柱,路南石林属碳酸盐岩林柱,内蒙古阿斯哈图石林、安徽黄山属花岗岩林柱;从成景作用看,路南石林属岩溶型化学风化作用的产物,武陵源石英砂岩峰林、丹霞地貌中的林柱、陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林属流水侵蚀作用的产物,可划归为淋溶型林柱。风蚀作用下易形成风蚀林柱,如风蚀城堡、风蚀蘑菇,海蚀作用下易形成海蚀柱;从成景岩层的固结程度看,路南石林、元江彩色膏林属已成岩化的石质林柱,元谋土林、陆良彩色沙林属半固结、松散的土质或半固结、未成岩化的林柱。

上述分类,一定程度上把握了林柱状地质景观的特点和差异,具有一定的理论和现实意义。同时也拓展、深化了对滇中林柱状地质景观的成景地质特征、景观特征的认识,并通过对比研究,在彩色沙林的成色因素、元江彩色膏林成景机制、林柱差异及其性等方面有新的认识,也论证了地质属性是林柱景观形态丰富及变化的重要因素。

1.3.3.3 探讨了林柱状地质资源旅游价值评价及体现问题

从地质公园条件及林柱特征的角度,定性和定量评价了林柱状地质景观旅游价值,在旅游价值评价中融入了与旅游相关的地质属性因子,构建了一套体现地质学与旅游学相结合的评价体

系,使评价更适合研究对象,弥补了以往旅游评价中的不足。

对林柱状地质景观旅游价值的评价有其自身的特点,选择评价因子、构建评价等级标准及评价方法均要符合该类景观的旅游与地质属性。在这方面,本书试图使评价更符合林柱状地质景观的实际。主要从地质公园条件、林柱特征、综合旅游条件等几方面对滇中林柱状地质景观作了各个层面上的分析和评价。评价结果反映出林柱状地质景观旅游价值,除具有较高的观赏价值外,由于其本身蕴含丰富的地质科学信息,在旅游中还可发挥科研与科普的优势,体现观光、科考、休闲、教育、环保等多重功能,发挥社会 and 经济效益。在评价的基础上,针对地质景观旅游开发中存在的问题,提出了地质景观旅游价值发掘与提升的策略和措施。

1.3.3.4 从人地关系、旅游地生命周期、环境保护等方面,探讨了林柱状地质景观可持续利用问题

在人地关系协调模式及林柱保护策略等方面有新的认识和见解,针对性提出的建议,有的已被采纳,促进了旅游业的发展,收到了良好的经济和社会效益。

旅游地质景观的旅游开发,是以人为主体的参与的活动。必然要在自然地质景观的基础上叠加人的影响,使人与地质景观之间形成有内在联系的人地关系。这样的人地关系核心内容涉及到人对林柱状地质景观的开发与利用,及其地质属性对旅游开发的影响。

在林柱状地质景观的旅游开发中产生了正效应与负效应,使人地关系呈现和谐或不协调的两种状态。和谐会使旅游价值得以发掘和提升,而不协调则会影响旅游发展。因此,以滇中林柱状地质景观为典型实例,探讨了正确处理旅游地质景观开发利用中的人地关系的重要性和必要性,有利于形成有价值的具有普遍性和特殊性的人地关系协调模式,基于此,本书对林柱状地质景观旅游开发中的人地关系模式作了有益的探讨。对人地关系结构作了较为充分的论证,并提出了人地关系协调的模式,及其实现人

地关系协调与环境保护的策略和措施。

旅游地质资源往往是具有旅游吸引力的风景名胜区、自然保护区，是重要的旅游目的地，符合旅游地生命周期的一般规律。但作为一类不同于人文旅游资源的特殊地质资源，影响生命周期各阶段的因素是不同的，并且不同旅游地质资源的生命周期特征也各不相同。

滇中林柱状地质景观就是一类较为特殊的旅游地质景观，甚至石林、沙林、土林、膏林旅游生命周期的具体表现，所处的阶段也各不相同。促进旅游生命周期增长阶段的到来以及延缓旅游生命周期衰亡阶段的到来，方式方法各有差异。

研究表明，滇中林柱状地质景观的旅游生命周期除遵循共同的一般规律外，还要有针对性的对处于不同发展阶段的石林、沙林、土林、膏林等地质景观，提出加快发展旅游，延缓旅游衰亡的策略和措施。据此，重点研究了滇中林柱状地质景观旅游生命周期阶段的演变过程，并分析了影响各林柱状地质景观旅游生命周期阶段的因素以及判断的依据，并有针对性地提出了延缓旅游生命周期衰退阶段到来，使旅游价值可持续体现的策略和方式。因此，在林柱状地质景观旅游生命周期的论证方面有了新的认识。

为达到可持续利用的目的，林柱状地质资源旅游资源化应发挥旅游观光、科学普及、康体休闲、科考等多方面的功能，在保护的前提下适度开发。据此，提出了林柱状地质景观旅游资源化的途径和策略。

2.1 林柱状地质景观分类

旅游地质资源的分类目前尚无统一的标准和方案,通常多以地质景观要素的不同进行划分。因此,对林柱状地质景观应归属的景观大类也有不同看法。

《中国旅游资源普查规范》将旅游资源划分为74种基本类型,归为6类:地文景观类、水域风光类、生物景观类、古迹与建筑类、休闲求知健身类、购物类。联合国教科文组织地质古生物遗产景点工作组将地质与生物遗产分为十三大类景观类型(1993)。陈安泽的《旅游地质概论》将自然旅游资源分为五大组15类,还把综合性地质景观赏型划分为四大类、十九类、五十二亚类。国家旅游局资源开发司、中国科学院地理研究所编写的《中国旅游资源普查规范(试行稿)》,把旅游地质资源涵盖于地文景观类和水域风光类。《中国旅游地质资源图说明书》将地质旅游资源分为35种。冯天驷所著的《中国地质旅游资源》把地质旅游资源分为十六类。

上述分类方案,或多或少提及了石林、砂岩峰林等林柱体的归类,但均没有明确提出林柱状景观系列的概念,对各种林柱也没有明确的系统归类。

郭来喜、吴必虎等人于1997年提出了《旅游资源分级分类系统》修订方案,该方案将旅游资源分成自然旅游资源景系、人文旅游资源景系、服务资源景系三大类,景系之下又分成景段、景域、景元的层次。其中士林/沙林、黄土属自然旅游资源景系下士林/沙林景型及黄土景型,景型之下又细分成士林/沙林地貌景

段和黄土地貌景段。石林属地表岩溶景型下的大型岩溶地貌景域,该景域又可细分为地表岩溶地貌景段。另外,洞穴景型中又可划分为大型喀斯特溶洞景域下喀斯特溶洞景段,地下林柱就属这一类型。

据杨世瑜教授提出的旅游地质资源类型划分方案,林柱状地质景观属观赏性旅游地质资源,为第四纪——现代地质景观亚类下的侵蚀/蚀余地貌,其下又细分了景观系列,如岩溶景观(喀斯特)、丹霞景观、淋溶景观(松散沉积物形成的土林、砂林、峰林)、风蚀景观、洞穴景观、侵蚀阶地、奇峰怪石(象形山石)、石英砂岩峰林(武陵源)等。这一分类方案基本上涵盖了本书讨论的所有林柱类型。

虽然多数林柱状地质景观同属一个景观大类,但还可根据地质及形态特征等的差异,进一步细分出不同的类型。

造型的相似性是林柱状地质景观概念形成的基础,景观外形、色彩一定程度上能帮助区分不同特征的林柱状地质景观。但这些外在表现,往往是受其内部岩性、形成机理、发育与演化规律及其所处的地质构造、古环境的控制。因此,为了避免根据外形简单判断林柱状地质景观的不足,有必要以地质科学属性为依据,划分出不同的林柱状地质景观类型,如图 2-1 所示。

由图 2-1 可知,林柱状地质景观可按成景地层、成景作用、沉积阶段的不同分成不同的系列。还可由分支分类图解剖析它们相互之间的关系。分支分类图解是用来表示生物类元或地理区域之间亲缘关系的分支状图解。在此引用来表达林柱状地质景观的共性和个性、亲疏关系,如图 2-2 所示。

图 2-2 中 1 表示林柱形成或具备的共同因素和特征。桂林峰林、路南石林、黄土高原上的黄土柱、土林、沙林、膏林、丹霞林柱、武陵源石英砂岩峰林等,共同具备一些必要的条件和因素。例如,林柱形成均受地壳长期间歇抬升及区域地质构造控制;林柱岩性为碎屑沉积岩,固结与半固结,以中、厚层为主,夹少量薄层岩石;岩层产状平缓(倾角一般 $3^{\circ} \sim 7^{\circ}$);垂直或近垂

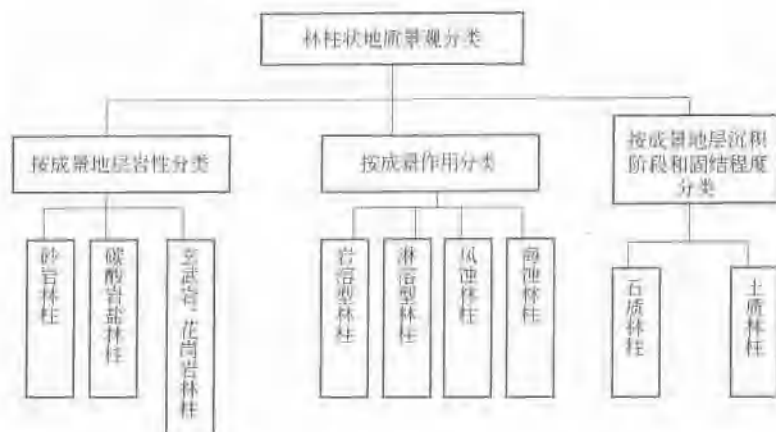


图 2-1 林柱状地质景观分类

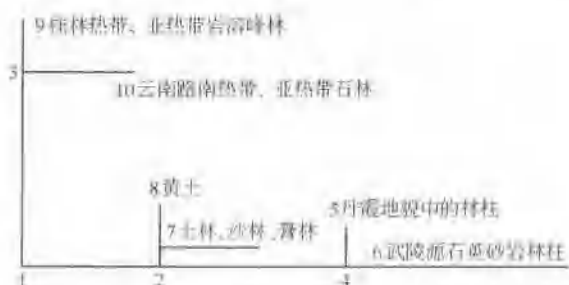


图 2-2 林柱状地质景观分支分类图解(据潘江资料, 有修改)

直的节理面发育很好(介于 $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 之间); 流水侵蚀、风化、重力作用, 气温差异对林柱的后期形成有重要作用; 形成演化经历了原岩形成—原岩抬升—原岩侵蚀—林柱形成等阶段。

图 2-2 中 2 表示陆源碎屑岩类分支。这类林柱状地质景观形成于太气圈, 岩性松散, 流水侵蚀强烈, 林柱垂直的轮廓显著, 这类林柱状地质景观, 又可分支为土林、沙林、膏林类(7 表示), 以及黄土沉积(含风成), 林柱体首先发育于地表(8 表示)。

图 2-2 中 3 表示为海相碳酸盐类林柱分支,林柱开始发育于地表,这类林柱又可分支为桂林热带、亚热带岩溶林柱景观(9 表示)和云南石林亚热带岩溶林柱(10 表示)。

图 2-2 中 4 表示为滨海及内陆盆地沉积物形成的林柱状地质景观分支。包括图 2-2 中 5 所指的丹霞林柱,其成景物质为内陆盆地的紫红色砂岩、砂砾岩,以及图 2-2 中 6 所指的武陵源滨海盆地浅色石英砂岩林柱。

分支分类图解中可看出,丹霞林柱与武陵源石英砂岩林柱,岩性、成因、演化有较多的共性,可视为姐妹群,它们之间所具有的共同性要比其他类型多。同理,桂林岩溶峰林与云南路南石林相似性也大,亲缘关系明显。尽管在分支分类图解中,把丹霞林柱与武陵源石英砂岩林柱划为具相近关系的姐妹群,虽同为砂岩,但所含物质成分和比例、抗蚀能力、发育阶段仍有差异。丹霞林柱因所含铁质较多,紫红色特点突出。而石英砂岩林柱“素装峭柱林立”,浅色调为主。崩塌、侵蚀形成后的造型也不同,武陵源石英砂岩林柱具有明显的棱角,通常成方柱体,丹霞柱体上由于含钙质,普遍有地表水溶蚀形成的垂直溶沟。

2.2 成景岩性类型

按成景地层岩性的差异可分为砂岩林柱、碳酸盐岩林柱、半固结砂岩、页岩、泥岩等(土林、沙林、膏林)、玄武岩林柱、花岗岩林柱等,见表 2-1。

表 2-1 不同成景岩性的林柱

成景岩性类型	主要物质成分	代表性景观
石英砂岩峰林 (含丹霞林柱)	石英砂岩夹钙质砂岩,紫褐色砂砾岩	武陵源、广东丹霞山、江西龙虎山、广西资源国家地质公园、云南丽江黎明
石灰岩石林	可溶性的碳酸盐岩类的石灰岩、白云岩	云南路南石林、重庆万盛石林

续表 2-1

成景岩性类型	主要物质成分	代表性景观
土 林	湖泊相黏土、粉砂黏土半胶结堆积物	元谋土林
沙 林	滨湖、河流相砂质半胶结沉积物	陆良彩色沙林
膏 林	在成景的物质中含有膏、盐物质。间杂有石膏和炭泥质。页岩泥岩、粉砂岩沉积物	元江彩色膏林
花岗岩林柱	花岗岩	皖南黄山、内蒙古克什克腾国家地质公园的阿斯哈图石林
黄土林	第四纪时期形成的广泛分布的松散土状堆积物	黄土高原为代表,如山西大同 Q ₂ 地层,山西西北部、河北武安地区均有良好发育的黄土柱群,有的高达 20 多米

滇中路南石林属典型的碳酸盐岩林柱。

武陵源石英砂岩峰林为陆源滨海碎屑岩相沉积,构成林柱的地层为中泥盆世云台观组及晚泥盆世黄家磴组,云台观组以致密中—厚层石英砂岩为主,呈灰白色或淡棕黄色;黄家磴组厚度薄,上部夹薄层或透镜状赤铁矿层。

广东仁化丹霞林柱的成景地层为河流、湖泊相碎屑沉积,构成林柱的地层为晚白垩世—新近纪丹霞组(群),主要以紫红色、紫褐色厚层块状砂岩、含砾砂岩、砾岩为特征,夹不等粒长石石英砂岩、局部含微量钙、石灰岩或白云质灰岩薄层或透镜状岩盐、凝灰岩、石膏,具大型交错层理。

丹霞林柱的岩性与武陵源石英砂岩峰林同属石英砂岩。从岩性上看可以划分为砂岩林柱类型。两者在成景因素、发育过程等方面有共性,但广义的丹霞地貌分布广泛,全国有 500 处以上,而武陵源石英砂岩峰林,迄今仅发现于湘西北,全球也罕见这样

面积广大而又密集的泥盆纪石英砂岩峰林。

玄武岩柱状节理,以陕西、甘肃的玄武岩林柱体较有特色;花岗岩林柱以皖南黄山分布的70多处呈似圆柱形的中生代晚期的花岗岩山峰为代表。

元谋土林、陆良彩色沙林、元江彩色膏林为河流、湖泊相碎屑沉积。主要为第三系至第四系的半胶结的砂砾层、粉砂岩沉积,有的地层段含页岩、泥岩等。

2.3 成景作用类型

细雨、暴雨、山洪雕塑着林柱状地质景观,冰劈和根裂,雷电、风霜雨雪、地震影响着它的生成与演化。重力崩塌,生物作用、化学分解和物理风化等综合作用,使其经历了漫长的精雕细琢,才形成了今天的模样。形成林柱的成景因素和作用多样,但从主导性的角度看,有岩溶性、淋溶性、风蚀性、海蚀性作用为主而形成的林柱状地质景观。各类林柱因成景作用的差异,而呈现出不同的特点。例如,以云南路南石林为代表的岩溶林柱,成景作用主要为化学风化,而陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林、武陵源石英砂岩峰林、广东粤北丹霞山等林柱,则是物理风化的产物,流水侵蚀作用明显,归属淋溶—侵蚀型成因类型。

石林有化学作用、机械作用的共同影响,属岩溶性林柱景观。岩溶是指可溶性岩石在流动着的水的溶蚀作用、侵蚀作用以及由此而引起的其他作用下的变化过程和所产生的现象(含地貌现象、地质现象、水文现象等)。岩溶地貌又称喀斯特地貌。“喀斯特”是原南斯拉夫西北部石灰岩高原的名称,在那里由于水对可溶性岩石的溶蚀作用以及由此引起的其他作用,形成一系列特殊的地貌和水文现象,而成为具有代表性意义的名称。

沙林、土林、膏林等属强烈流水机械作用的产物。归为淋溶型林柱状地质景观,是指“新生界的第三系及第四系湖泊相、河流相的各种黏土,砂、砾石松散堆积物,在干燥气候环境中,受

季节性雨水的淋溶侵蚀，冲刷而形成的地貌景观。多发育在荒芜的瘠地、劣地环境中，是一种特殊的地貌景观组合。”这种淋溶地貌景观的特点是流水作用居于主导地位，景体形态不稳定、易变，随季节、年代的改变而不断地千变万化。甚至一场暴雨过后，新景不断出现。

武陵源石英砂岩峰林、广东丹霞山等丹霞地貌中的林柱，流水作用在其形成过程中居主导地位，流水溶蚀作用强烈，也可归属于淋溶—侵蚀型林柱，只是并不发育于劣地、瘠地的环境，在成景岩性、景观形态方面与彩林、土林有一定的差异。

黄土林柱事实上也是流水淋溶作用下的产物，发育于黄土中，在我国分布广泛、发育突出，例如，著名的黄土高原。黄土柱沉积的物质基础是地质学上所称的土状沉积物。就地层而言，黄土柱属于更新统，其中又以晚更新统(Q_3)为主，分布于世界各地。当水流沿垂直节理往下长期侵蚀、溶蚀下，易发生湿陷，使地面切割、破碎、崩塌，形成林柱状体。如山西大同 Q_3 地层，山西西北部、河北武安地区均有良好发育的黄土柱群，有的高达 20 多米。这些黄土柱，与黄土高原上水土流失形成的千沟万壑、形态各异的黄土桥、黄土墙、黄土洞、黄土窑洞等景观，一道构成意境深远、苍茫开阔的独特意境。

需要说明的是，各种林柱体并不单纯受一种成景作用影响，而是内外力综合作用的结果，如岩溶型林柱体，并不只是受岩溶作用的单一控制，事实上还受流水作用、重力作用、风化作用的影响，只是岩溶作用更占主导地位，是岩溶型林柱区别于其他林柱的重要因素。因此，可把以岩溶作用为主导形成的林柱状地质景观称为岩溶型林柱，依此类推，淋溶型林柱是流水主导作用下形成的林柱。风蚀和海蚀林柱分别是风力作用、海水作用主导下形成的林柱。

林柱状地质景观的形成及类型划分应高度重视动力学机制，流水侵蚀作用虽是主因，但动力作用方式确有巨大的差别，例如石林是溶蚀作用为主，与暗河系统的发育相关联，地表水系统并

不发育；土林是侵蚀，作用方式是地表水作用为主，经历了纹沟—细沟—切沟—冲沟几阶段，因此，从大的方面成景作用看，路南石林与元谋土林、陆良彩色沙林等均为流水作用，但动力作用方式却不相同，在类型划分时应注意这点。

2.4 成景固结程度类型

从林柱状地质景观成景物质的固结程度来看，可划分为固结成岩型林柱、半固结型林柱、松散沉积物型林柱。显然，成景物质的固结程度，影响了柱体的稳定性，有的柱体经历漫长的地质历史也岿然不倒，而有的柱体可能存在时间非常短暂，给其保护带来难题。

路南石林为成岩化、固结程度高的碳酸盐岩林柱，武陵源石英砂岩峰林、广东丹霞山林柱均为固结成岩的砂岩地层。皖南黄山、内蒙古克什克腾国家地质公园的阿斯哈图石林属固结花岗岩类型的林柱。元江彩色膏林为间杂有石膏的炭泥质、页岩泥岩、粉砂岩的沉积物，已成岩化。上述林柱均可划分为石质林柱类型。

陆良彩色沙林为滨湖、河流相砂质半胶结、松散沉积物；元谋土林为河湖相黏土、粉砂黏土、砂砾的半胶结堆积物；西藏扎达土林等林柱，也属为土质、半胶结松散的林柱类型。黄土高原上的黄土柱，成景物质也属第四纪松散沉积物，加之水土流失剧烈，导致柱体的不稳定。

3.1 林柱状地质景观形态特征

不同的林柱状地质景观,因成景岩性、成景条件、成景地质作用有差异,而使景观特征各一。有的异质异形,如石林与土林、沙林的景观岩性和形态等方面均有差异。即使是同种岩性的林柱,也会因所处的地质发育阶段、地质内外力作用强弱等条件的不同,表现出同质异形的特点,景观形态有差异。例如,路南石林与桂林峰林虽同属碳酸盐岩溶作用的产物,但在景观形态上有学者就将其归为不同的景观形态类型,前者属剑状喀斯特,后者属锥状喀斯特。

尽管林柱状地质景观千姿百态,但从地质地貌的专业角度,在其各具特色的象形形态的背后,其共同形态类型主要有方山、峰柱、峰林、峰丛、峰墙等类型。武陵源石英砂岩峰林、广东仁化丹霞林柱、路南石林、陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林等林柱状地质景观,上述类型均有不同程度的表现。

方山是最初平台(terraced platform)被切割分离而成,原有的平台在地貌上表现为更大规模的方山,平台顶部为原始构造夷平面,后被流水切割分离而成更小的方山。方山一般顶平崖陡,顶部保存残余的原始构造面,面积一般在 0.5km^2 以下,边缘陡峭,这些台地在路南石林、陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林均可见到。

峰墙(peak-dyke)是由方山被单向切割分离而成,呈狭长条状,顶平身陡。例如,陆良彩色沙林的彩云壁、武陵源金鞭溪峰墙、广东仁化丹霞山日照壁、云南丽江黎明“赤壁丹崖”,都属峰

墙类型。

峰丛(peak cluster)为密集而高低相近的峰柱,但峰柱的下部或基部普遍高出地表,且仍相连。如武陵源石英砂岩峰林的“金鞭溪”,陆良彩色沙林中“桃园结义”、元谋虎跳滩土林中的“古堡幽情”、石林“剑峰池”等景点。

峰林(peak forest)是峰丛进一步演变的结果,流水不断下蚀,使原来相连的峰丛基座分离,基座在地表已不相连,成为各自独立的柱体。常见的柱体形状有方柱状、剑状、塔状、棱柱状、蘑菇状、锥状、屏风状、棒状、不规则状、单一柱体,拟人拟物,各具特色。如武陵源石英砂岩峰林中的“夫妻岩”、“金鞭岩”、“鹰嘴岩”、“笔架峰”、“南天一柱”等,路南石林中的“阿诗玛”、“万年灵芝”等,桂林峰林中的锥状柱体,如“蒙古包”、“千锥山”等,陆良彩色沙林中的“孟获出征”、“祝融夫人”景点、元谋班果、新华土林中的“千年玉笋”、“金箍神棒”等,虎跳滩土林中的“血色皇冠”、“元帅府”、“欧亚奇观”、“古堡幽情”等景点处均可见此类景观。

林柱状地质景观的一些景段,由于发育阶段已进入老年期,还可见残余峰林(residual peaks)的存在,多为低小而分散的柱体。如路南石林残丘平原、元谋土林无名沟、陆良彩色沙林Y形沟谷的下游地带等,都可见一些残余柱体。

武陵源石英砂岩峰林发育于地表,在林柱状地质景观中较为典型。柱体造型高而细长,中上部一般稍细于基座,个别的甚至下部或基部稍细于中部,如“将军岩”、“手掌峰”、“南天一柱”等,柱体顶部有植被覆盖,柱体棱角分明。柱体表面无溶蚀痕迹,整体呈浅色峰丛、峰林形态,高而细长,密集。最突出的是其峰柱外形棱角清晰,并显著有别于碳酸盐岩和其他岩类的风化形态。

广东仁化丹霞地貌与武陵源石英砂岩峰林地貌成景岩性虽属砂岩系列,但前者由海洋沉积形成,后者由河流沉积形成,所含物质组分、比例和结构均有差异。例如,广东仁化丹霞地貌以内

陆海相盆地沉积紫红色砂岩、砂砾岩，局部含微量钙、薄层透镜状石膏，盐岩、凝灰岩为成景基础，整体上有“顶平、身陡、坡缓”的特点，峭壁丹崖。石柱造型细长，基部及下部大于中、上部，多呈圆柱状，四壁不具棱角，含一定钙质，柱体表面有溶蚀的痕迹。赤壁方山丹崖，横看成岭，侧看成峰，峰柱顶较平坦，但难见自然植被。

还需明确的是，我国的丹霞地貌有的没有石柱、峰丛、峰林，只有个别残存的小石柱，地史上的峰墙、峰柱、峰林已不复存在，像这类地貌就不能称之为丹霞林柱，可称之为丹霞地貌，还有一类为赤色低山丘，可称之为丹丘地貌，也难见林柱特色。

石林柱体形态一般有塔状、剑状、蘑菇状、峰柱状、尖柱状、棒状、圆柱状等，柱体上有溶痕、溶沟等岩溶形态，柱体顶部难见自然植被，柱体基座有的相连形成峰丛，有的基座不相连而成峰林。与其他地貌构成石林洼地、石林岩丘、石林槽谷、石林岭背、石林坡地、石林盆地等石林复合形态。

陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林属流水侵蚀地貌，可见平台、方山、锥状峰柱、屏风状、墙状、城堡状及台柱状柱体，谷沟、陡壁形态类型等。林柱形成于大气圈，具有垂直的轮廓，整体上看有峰林、峰丛之貌。柱顶难见自然植被。冲沟发育，沟壑纵横，台地切割分离，有冲积扇或冲积锥，U形或V形冲沟、侵蚀台地、残积台地、沟壁、沟头等类型。

陆良彩色沙林的主要景观形态类型有峰林、峰丛、尖柱、圆柱、冲沟、平顶方山、残积台地、彩壁、彩屏等；元谋土林以冲沟、台地、柱体为主要造型类型，象形柱体类型主要有锥柱状、城堡状、峰丛状、城垣状、幔状、雪峰状等；元江彩色膏林主要以峰林、尖柱、圆柱、城堡状等象形柱体为主。

总之，林柱状地质景观的形态丰富多彩，大的分类，并不能穷尽其所有形态，而且从视角感受看，象形形态多样，同样的景观，拟人拟物，不同的人，从不同的角度观察会有不同的认识，因此，从专业的角度看，其景观形态类型也许是有限的，但游人

的想象力却是丰富的,林柱状地质景观将为其带来联想和震撼。

3.2 国外林柱状地质景观特征

截止到2004年7月,全球共有世界遗产788项,其中文化遗产635项,自然遗产153项,自然遗产所占比例不到20%。再加自然与文化双遗产23项,自然遗产共计176项(据中国遗产网)。这176项世界自然遗产及双遗产中以林柱状地质景观为特色的并不多,在对各大洲自然遗产或双遗产的描述中,真正以林柱见长的只有中国武陵源、越南下龙湾和丰芽格国家公园、西澳大利亚的波奴鲁鲁。尽管如此,我们仍然发现一些世界自然奇观具有林柱特色,将其与以林柱著称的世界自然遗产归纳,见表3-1。

表3-1 世界典型林柱地质景观

名 称	地理特征	地质特征	景观特征
科罗拉多大峡谷	位于美国亚利桑那州西北部的科罗拉多高原上,有科罗拉多河流过	从谷底向上整齐地排列着北美大陆从元古代到新生代不同地质时期的岩石,并含有丰富的具有代表性的生物化石,犹如“地质史教科书”,记录了北美大陆的沧桑巨变和生物演化进程	林柱特色因流水切割峡谷而显突出,高者达几十米。不同季节里随植被、气候条件的变化,岩石颜色会发生变化
卡尔斯巴德洞窟地下林柱	美国西部的新墨西哥州瓜达卢佩山	整个洞窟长达近百千米,是世界上最长的山洞群之一。最深位于地表以下305m。 形成于距今2.8亿~2.5亿年间。雨水沿石灰岩山体裂隙渗透,并发生溶蚀作用,形成洞穴及各种地下林柱	各种绚丽多姿、类型多样的钟乳石、石灰岩礁柱和洞穴珍珠,构成了美轮美奂的地下林柱世界。 洞穴珍珠是碳酸钙包裹砂粒逐渐变大而形成的如珍珠般光泽的石球

续表 3-1

名 称	地理特征	地质特征	景观特征
猛犸洞穴	美国肯塔基州中部, 路易斯维尔南约 100km	洞穴分布在 5 个高度不同的地下岩层里, 最下一层低于地表近 300m, 洞穴合计总长度 530km。洞中有河湖, 可荡舟观光	“猛犸”已无“长毛巨象”的本文, 这里形容洞穴体积庞大。 地下石笋、石柱林立, 钟乳石悬挂, 流泉飞瀑。还有在长期的进化过程中, 逐渐适应了洞中的黑暗, 而视力退化的盲目生物, 如无眼鱼, 透明的鱼等
布赖斯峡谷	美国犹他州南部, 科罗拉多河北岩的高原大峡谷地区	布赖斯峡谷并非真正的峡谷, 而是一系列天然洼地, 有些地方深达 150m。谷中岩石在风霜雨雪的侵蚀下, 切割分离, 形成一族簇直插云天的尖柱, 石塔。有恐龙化石	重重石林、剑指苍穹。尖柱、石塔颜色变幻, 形态丰富
锡安山	美国犹他州西南部	峡谷长约 25km, 宽几百米, 最窄处 2m。悬崖峭壁与林柱矗立的地质景观十分显眼	岩柱, 岩壁色彩缤纷, 有暗红、橘黄、淡紫、粉红等颜色, 会随光线强弱、角度的不同发生变化。 有座高达 700 多米的“大白宝座”孤峰, 高耸入云。其底部红色, 向上变为白色, 层次分明, 峰顶树木繁茂
下龙湾与丰芽格邦	位于越南北部广宁省, 均为世界自然遗产	下龙湾是海上喀斯特景观。 丰芽格邦是亚洲最古老的喀斯特地貌	下龙湾(Ha Long Bay)海面之上的石山、石峰千姿百态。 丰芽格邦地上林柱特色明显, 喀斯特地貌长达 65km, 多岩洞和地下河

续表 3-1

名 称	地理特征	地质特征	景观特征
格雷梅 国家公园	土耳其中部的 安纳托利亚高原上	岩层为面积近 4000km ² 的火山凝灰岩质熔岩。 岩石质地较软,孔隙 多,抗风化能力差,长时 间的风化。流水作用,形 成石笋、石柱、断岩和 岩洞	柱体上寸土不生,但 柱体之间的山间谷地日 照少,水分蒸发少,空 气相对湿度较大,风力 弱,因而林木茂盛。 柱体内的洞穴如串珠 般延伸在岩石之间,形 成高大的洞穴,其中建 有教堂与商店、住房
巨人之路	北爱尔兰安特 里姆郡西北海岸	大量玄武岩六边形石柱 参差不齐地排列在一起, 形成壮观的玄武岩石柱 林,形如通向大海的巨大 阶梯。 玄武岩熔流喷发后逐渐 冷却、收缩、结晶,易爆 裂成规则的六边形,垂直 节理发育	石柱为黑色实心,排 列参差不齐,约有 4 万 多根,宽度一般约 0.45m,延绵 9km。大多 为匀称的六边形,直径 38~50cm,也有四边、 五边或八边的。 石柱一般高出海面 6m 以上,最高达 12m
蓝山山脉	澳大利亚东南 部的新南威尔土 州。东距悉尼 65km	岩层主要为三叠纪块状 坚固砂岩,长期的流水作 用,在有些地段切削形成 峰林。在蓝山山脉发育名 为吉诺兰的石灰岩溶洞	著名的三姊妹峰高约 450m,3 块巨石形如亭 亭玉立的姊妹。景色可 餐。吉诺兰钟乳石姿态 各一,如“擎天一柱”、 “伊斯兰尖塔”均很有特 色。为澳大利亚一处著 名旅游胜地
坎贝尔港	澳大利亚东南 海岸一处国家 公园	形成于 2600 万年前海 底的石灰岩,后海面下 降,露出石灰岩,受海蚀 后形成海蚀柱	著名的海蚀柱如“十二 使徒”、“哨兵石”、“烧 炉”,形如其名
岩塔沙漠	西澳大利亚交 首府珀斯以北约 250km 处。临近 澳大利亚西海岸	沙漠中林立着塔状的岩 石柱,形成一片岩石“森 林”。岩塔原始材料是 峭贝等海洋软体动物	岩塔色脚有暗灰色或 金黄色。岩塔一般 高 1~5m

续表 3-1

名 称	地理特征	地质特征	景观特征
波奴鲁鲁	西澳大利亚, 世界自然遗产	泥盆纪石英岩经长达 2000 万年的侵蚀, 形成 蜂巢状塔形和圆锥形林 柱体	林柱体色调呈暗灰色, 为古代藻青菌(一种能进 行光合作用的单细胞生 物) 沉积而成, 高可 达 100m

资料来源: 主要据《世界自然景观》一书资料整理。

表中除卡尔斯巴德洞、猛犸洞穴为地下林柱外, 其他均为有地表林柱的地质景观。

澳大利亚岩塔沙漠虽然少有游客光顾, 但对其奇特的林柱状景观及地质成因, 却引起人们的兴趣。科学家们发现, 构成岩塔の原始材料是帽贝等海洋软体动物。这些动物大量死亡, 其贝壳破碎形成石灰砂, 经压实、胶结作用形成石灰岩, 植物根系与雨水伸入岩层缝隙, 溶蚀拓宽, 留下坚硬部分。当覆盖之沙被吹走后, 岩塔就露了出来。

70 万~12 万年前, 这些软体动物在温暖的海洋中大量繁殖, 死后其贝壳破碎成石灰砂。这些石灰砂被风浪带到岸上, 一层层堆成沙丘。最后, 在冬季多雨、夏季干燥的地中海式气候下, 沙丘上长满了植物。植物的根系使沙丘变得稳固, 并积累腐殖质。冬季的酸性雨水渗入沙中, 溶解掉一些砂粒。夏季沙子变干, 溶解的物质凝结成水泥状, 把砂粒粘在一起变成石灰石。腐殖质增加了下渗雨水的酸性, 加强了胶结作用, 在砂层底部形成一层较硬的石灰岩。植物根系不断伸入这层较硬的岩层缝隙, 使周围又形成更多的石灰岩。后来, 流沙把植物掩埋, 根系腐烂, 在石灰岩中留下了一条条缝隙。这些缝隙又被渗进的雨水溶蚀而拓宽, 有些石灰岩被风化掉, 只留下较硬的部分, 沙被吹走后, 石灰岩就露出来成为岩塔。因此, 岩塔的真正形成时期是在几万年前, 但现在人们所看到的岩塔则是近代才从沙中露出的。

岩塔沙漠中的林柱高如房屋, 细如铅笔。岩塔数目成千上万, 分布面积约 4km²。岩塔有的表面比较平滑, 有的则粗糙如

蜂窝，景观点有“鬼影”、“骆驼”、“大袋鼠”、“象足”、“印第安酋长”、“圆墙”等，状如其名。

美国科罗拉多大峡谷也有林柱特色。科罗拉多大峡谷中的岩石包括砂岩、页岩、石灰岩、板岩和火山岩。

数百万年来，雨水及科罗拉多河不断切割大峡谷的岩层，使大峡谷不断地变深、变宽。同时地壳上升运动也使科罗拉多高原缓慢上升，500 万年间升高了 1000 多米。一方面，河水挟带的石块和砂粒把峡谷侵蚀得越来越深，岩层却继续隆起，造成峡谷两边的峭壁越来越高，有些地方的林柱特色因此而十分明显。颜色的变化有点类似于陆良彩色沙林。不同季节里随植被、气候条件的变化，岩石颜色会发生变化，甚至同一天里，大峡谷也会因时间的不同呈现出不同的景色。

科罗拉多大峡谷两面悬崖峭壁耸立，绵延 350km，林柱昂指天穹，气势不凡。平均谷深 1.6km，最宽处达 29km，最窄处仅有 100 多米。科罗拉多大峡谷有 4000 年前人类活动遗迹，历史悠久，与壮观的自然奇观相映成趣，成为世界旅游热点地区。

土耳其格雷梅国家公园位于安纳托利亚高原上，处在内夫谢希尔、阿瓦诺斯、于尔居普 3 座城市之中的一片三角形地带。以壮观的火山岩林柱群及建于岩体中的古老岩穴教堂和洞穴式住房闻名于世，石笋、石柱林立，到处耸立着的石峰和断岩，许多岩洞如蜂巢般穿插在岩石之间，岩洞又有机地相连，成为相互贯通的高大“房间”。而且林柱群下部还拥有庞大的地下建筑群。有 63 处之多，有的修建很深，在地下有 7 层，最深处达 90m，地下城镇里建有无数的住宅、小教堂、水井和贮藏室。这些地下城镇历史悠久，为公元 7 世纪时土耳其拜占庭帝国被阿拉伯人侵占，土耳其各地的基督徒逃亡到这里修建的，代表了拜占庭艺术精华的奇迹。在这里奇异的林柱自然景观与人文瑰宝有机结合，吸引了全世界的游人前往观光游览。

美国国家公园布赖斯峡谷中的森塞特角，有一排排的尖柱，

如“道道帷幕、层层城堡、行行剑戟、重重石林”，沧桑古朴，自然天成。布赖斯国家公园，反映了北美大陆时期的地理运动情况，以其自然造化之峡谷、林柱景观，吸引了广大的游客。林柱色调有红、淡红、黄、淡黄等 60 多种色彩。形态丰富，似教堂尖塔、幽深城堡。一尊尊石塔、石柱形如维多利亚女王御前会议王公大臣，栩栩如生。峡谷中有白杨、云杉、枫树、桦林、云杉生长。还倒立着锤形岩石，头重脚轻，但还巍然矗立。

越南的下龙湾海上石林为世界自然遗产地。在下龙湾 1500km² 的海面上，星罗棋布地分布着石峰、石山，远看如林，近看如岛。象形形态丰富，有的如筷，有的如马，有的如鼎，有的如雄鸡，状如陆上石林。

另外能与越南下龙湾石林相媲美的有泰国攀牙湾海上石林。攀牙湾海上石林位于泰国南部攀牙府南端，马来半岛北部的西海岸，距普吉岛约为 100km，由石灰岩礁石构成，有的耸立高达 275m。攀牙湾海面上有 200 多座造型奇特、挺拔秀丽的峰柱，有的如竹笋、有的若老翁、有的似笔架。鲤鱼山、穿山、母鸡山、雏鸡山、小狗山、乳峰山等，不仅景如其名，也形如峰柱。海面上奇峰林立，其各异的形状令人浮想联翩。峰柱体中多有岩洞，洞的最高处离水面有一定距离，有的达 20 多米，洞内有钟乳石、石笋、石柱等色彩、形态各异的柱体。洞里洞外，不同林柱相映成趣。

在美国怀俄明州西北部大平原上，矗立着一块孤立的巨型独体岩，形如巨大的树桩。当地印第安人把它称作为“魔塔山”。它由一簇巨大的多边石柱构成，从底部土墩巍然矗立，冲天而起，高达 265m，底部直径 300m，而顶部直径则缩至 85m。魔塔山的颜色会因时间的推移及阳光的变化而不同。由于特别高大，故在 100 多千米外，也可看到奇特的魔塔山。1893 年时，当地牧场工人罗杰斯首次攀登上魔塔山。他把木钉钉入石缝中，然后将木钉连起来，借助这种“梯子”登上了魔塔山顶。站在塔顶，周围怀俄明、蒙大拿、北达科他、南达科他和内布拉斯加 5 州的景色，尽

收眼底。

魔塔山属火山熔岩型柱体。形成于5000万年前。当时地球深处的高温熔岩流经过上层岩石缝隙涌出地表，其后慢慢冷却，岩块收缩时，出现裂痕，形成多边石柱，并和周围的岩石凝固成一体。经过数百万年的侵蚀，多边石柱周围质软的岩石被侵蚀掉，魔鬼塔山就逐渐显露出来。塔山上经过长期的侵蚀，犹如斧砍刀削，有众多的流痕和槽沟。

类似于魔鬼塔山的柱状景观，在美国犹他州和亚利桑那州交界处的莫组门特谷地也有分布，这里有数十个石塔耸立在荒凉的谷地中。犹他州阿克思(Arches)国家公园有巨大的弓形、塔形、柱形的侵蚀地形。新墨西哥州国家纪念碑白沙地(white sands)为高达18m的石膏沙丘。科罗拉多州国家纪念碑名为有巨型独石，柱体高大。得克萨斯州国家公园瓜达拉普山有世界上最广泛及有重要意义的二叠纪石灰岩地貌及化石礁。

欧洲的世界地质公园中，大多不以林柱为特色。德国的威克勒菲(Vulkaneifel)地质公园内可见彩色砂岩，但并不形成林柱；英国大理石拱形洞与圭堪杰山世界地质公园(Marble Arch Caves and Guicage Mountain)，因水沿砂岩与石炭系灰岩裂隙渗入，切割岩层，形成了类似岩溶和峰林地貌，有林柱特色。

世界林柱状地质景观中，岩溶型林柱状地质景观较为普遍。一般分布在碳酸盐岩等可溶性岩层区。可溶性岩石有三类：(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)。这几类可溶性岩石总面积达 $5.1 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，占地球总面积的10%。另外，岩溶型林柱的空间展布规律还与构造、岩层的产状、厚度、岩性、气温、降水、人类活动因素有关。

全世界岩溶分布面积约为 $5.1 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，在欧洲、美洲、亚洲、澳洲等地区均有分布。从热带到寒带，由山区到平原都可见到。在不同的气候带内岩溶的发育具有各自不同的特征和形态，一般可分为热带及亚热带季风型、地中海型、温带型、寒带型及

高山型、干燥型等类型。

岩溶分布面积占全球总面积的10%，居住着约10亿人口。在全球性的碳酸盐岩条带上，发育了三大块较集中的岩溶山区：地中海沿岸的中南欧—阿尔卑斯山直到法国中部高原，以及俄罗斯乌拉尔山地；美国中东部印第安纳州和肯达基州岩溶山区、西印度群岛的古巴、牙买加以及澳大利亚南部；中国西南岩溶山区以及越南北部。

成景岩组为碳酸盐岩的地表石林地质景观，在全球均有分布。例如，大洋洲澳大利亚的兹里角(Chillagoe)、菲特瑞(Fitzroy)石灰岩岭；非洲刚果的考伊欧(Kouilou)，肯尼亚的蒙巴沙(Mombassa)等；亚洲泰国的泰可里(Ta Khli)，马来西亚的沙捞越穆鲁(Sarawak Mulu)等，欧洲的法国、西班牙、意大利、波兰、希腊、斯洛文尼亚等；北美洲美国的莫门斯(Mammoth)地区，加拿大的纳哈密(Nahanni)国家公园等；南美洲的波多黎各的玛亚圭斯(Mayaguez)，巴西的玛扎特亚(Mazateca)，古巴的波蒙杰士纳帕特(Bom Jesus da Lapa)等。

石林成景岩性虽都为碳酸盐岩，但由于发育的环境、机制、保存条件、时期不同，故石林形态复杂，类型多样。例如中国云南石林、湖南洛塔石林、四川兴文石林和马达加斯加特森(Tsingy)自然保护区、巴布亚新几内亚凯杰特(Kai jende)山地、马来西亚的沙捞越的穆鲁(Mulu)高山剑状石林岩溶、加拿大纳哈里(Nahanni)国家公园的迷宫岩溶(或巨型岩沟地)、澳大利亚新南威尔世雪丽山国家公园的墓碑石(tombstone, Snowy mountain national park, New south Walles)，贝斯柯亚(Beusgonja)洞穴群自然保护区的龙牙，西澳大利亚珀斯(Perth)北部纳贝革(Namburg)国家公园尖棱石荒漠为剑状石林岩溶。

而有的石林呈塔状形态，如澳大利亚廷带(Tindall)平原的塔状石林(tower-pinnacle)和塔形岩溶，地中海沿岸地区的石林岩溶和与类石林岩溶。而锥状石林则主要以我国桂林、贵州兴

义、云南罗平为典型代表。法国有蒙特利尔附近的纳乌纽克(Montpellier-Le-Vieux)古城堡状石林。

就世界范围而言,石林类型的突出代表有:塔状、浑圆古堡状、裸露型剑状石林。比较而言,云南石林县石林包含有所有的石林喀斯特的典型类型。且是唯一的有几种刃脊峻峭形态的剑状石林。与沙捞越、巴布亚新几内亚、巴拉望以及马达加斯加的石林喀斯特不同。袁道先等人评价道:从 IGCP299 的成果来看,由于受多种因素的影响,如有产状水平的坚硬的二叠系灰岩,新生代以来大幅度掀斜式抬升,潮湿的亚热带气候,老第三系红层的覆盖和逐步被剥蚀及由此而产生的有利的水文条件,以及未受末次冰期的大陆冰川刨蚀,云南石林县石林以其深切的溶蚀裂隙、高大的石柱、壮观的土上溶痕和丰富多彩的土下溶痕成为全球独特的岩溶景观。

东南亚、中美洲、澳洲南部石林发育的岩性松软,墨西哥尤卡坦半岛、澳洲南部缺乏必要的地壳抬升,许多干旱、半干旱区岩溶降雨量不足,英国的约克郡、加拿大东南部由于末次冰期大陆冰盖的刨蚀作用,溶沟溶痕发育时间短,马来西亚、巴布亚新几内亚的岩溶石林,由于有较高的降雨量,发育了更为高大深尖的溶痕,但没有其他形态配套。

马来西亚穆鲁国家公园占地约 544km²,位于沙捞越(Sarawak)州,属马来西亚婆罗洲岛西北部的一个州,习惯上称为东马,沙捞越东面和南面与印尼和文莱接壤,西北面为南中国海。人口 220 万。沙捞越有数处国家森林公园,其中最为著名的穆鲁国家森林公园(Mulu National Park),穆鲁山的刀石林景观令人叹为观止,每座石峰高达 30~40m,似一把把利刃直插云霄。穆鲁有迄今已发现的世界最大的溶洞,这个溶洞巨无霸可以装载 40 架波音 747 大型客机,穆鲁的溶洞群因此被列入了世界自然遗产目录。这里不仅有独特的自然景观,还有 27 个民族丰富的文化,气候适宜,年平均气温在 23~32℃之间,都适合旅游。

还有一类特殊的六边形玄武岩柱状节理，柱状节理单体高度可达四十余米，但柱体常不分开，整体有一定的林状之貌。也可将其归为特异类林柱的类型，但不算真正意义上的林柱状地质景观。例如，北爱尔兰安特里姆郡西北海岸有名为“巨人之路”的玄武岩石柱林。

北爱尔兰安特里姆郡西北海岸的柱体参差不齐，形如一道通向大海的巨大天然阶梯，故有“巨人之路”之名。一根根顶部被整齐地切割掉的石柱，坚固地深埋于海岸之上，石柱呈六角形紧密地挤在一起。据考证，白垩纪末，北大西洋开始裂开，北美大陆与亚欧大陆分离，地壳运动剧烈，火山喷发频繁。大约 5000 万年前，在现在的苏格兰西缘内赫布里群岛一线至北爱尔兰东缘，火山活跃，玄武岩熔流从裂隙的地壳涌出，岩浆遇冷收缩结晶时，往往爆裂时产生的节理具有垂直伸展的特点，在沿节理流动的水流作用下，久而久之便形成规则的六边形或多边形石柱。因火山熔流在不同时期分几次溢出，因此形成高低不平的多层次的柱体结构。类似的景观，在苏格兰内赫布底群岛的斯塔法岛、冰岛南部也有分布。

非洲也有林柱分布，撒哈拉沙漠中的阿哈加尔花岗岩高原约 3000m 的地方，是一排由火山岩中特殊一类岩石——响岩构成的岩塔、岩柱和岩针，蔚为壮观。岩浆在冷却后碎成的长棱柱形，犹如一束束竖着的巨大芦笋。在方圆 777km 的阿特加范围内，像这样的石柱就有 300 多根。当地的图阿雷格人称此地为“阿塞克拉姆”，意为“世界的尽头”，有悠远、沧桑之意境。

尽管检索了大量的资料和文献，但仍难以穷尽世界林柱景观。从林柱类型来看，以喀斯特林柱分布最广、最多，这与石灰岩的广泛分布有关。有的名列世界地质公园和世界自然遗产，如路南石林、马来西亚的沙捞越穆鲁(Sarawak Mulu)石林、越南下龙湾(Ha Long Bay)和丰芽格邦。石英岩、花岗岩、凝灰岩、页岩、泥岩类林柱也有分布，以中国的湖南武陵源、广东仁化丹

霞山、江西三清山、土耳其凝灰岩林柱较为著名,半固结的林柱体以元谋土林、陆良彩色沙林较为典型。风蚀林柱主要分布在干旱与半干旱地区,海蚀林柱大多分布在海岸地带。

国外林柱象形景观形态多样,但从地貌角度看,主要有峰林、峰丛、台地、孤峰、残柱等单体和组合,往往因高度、规模、地质属性、象形程度而有所区别。

国外林柱的形成大多为侵蚀风化作用,有水蚀、风蚀、海蚀等诸多动力作用机制。

国外也还未对林柱状地质景观有系统总结,世界自然遗产地及世界地质公园中以林柱见长的并不多,反而是一些未被列入名录的还有典型的林柱,如美国的大峡谷、土耳其的格雷梅国家公园、澳大利亚的岩塔沙漠等。

3.3 国内林柱状地质景观特征

3.3.1 国内地质公园中不同类型的林柱

国内林柱状地质景观众多,许多国家地质公园就是典型的林柱状地质景观,见表 3-2。

表 3-2 国内主要地质公园的林柱

名 称	地质景观特征	地质背景与构造运动
湖南张家界砂岩峰林国家地质公园	石英砂岩峰林,林柱体高大	华南准地台,新生代断裂三组交叉切割,产状水平的石英砂岩层,流水侵蚀与崩塌作用
湖南郴州飞天山国家地质公园	丹霞地貌,有柱体发育	华南准地台上的断陷盆地
云南路南石林	岩溶型林柱	华南准地台上的断陷盆地
湖南崀山国家地质公园	丹霞地貌,有林柱	华南准地台上的断陷盆地

续表 3-2

名 称	地质景观特征	地质背景与构造运动
广西资源国家地质公园	丹霞地貌, 有林柱发育	华南准地台上的断陷盆地
广东丹霞山国家地质公园	丹霞地貌的命名地, 有林柱发育	华南准地台上的断陷盆地
福建大金湖国家地质公园	湖上丹霞地貌, 有林柱发育	华南准地台上的断陷盆地
江西龙虎山国家地质公园	丹霞地貌, 有林柱发育	华南准地台上的断陷盆地
安徽齐云山国家地质公园	丹霞地貌, 有林柱发育	华南准地台北缘的断裂带控制的中生代火山沉积盆地
安徽黄山国家地质公园	花岗岩峰林, 柱体有特色	华南准地台, 新生代断裂活动差异抬升, 流水与冰川作用造成
安徽八公山国家地质公园	岩溶型林柱	华南准地台上的断裂盆地
山东枣庄熊耳山国家地质公园	岩溶型林柱	华北地台上碳酸盐岩受新生代断层切割差异升降形成
河南焦作云台山国家地质公园	丹霞地貌, 有林柱	华北地台, 太行山前断层差异升降
河北涿源白石山国家地质公园	碳酸盐岩林柱, 岩层为白云岩和大理岩	华北地台, 新生代断块差异升降、垂直断层节理发育, 崩塌、冻劈作用
河北秦皇岛柳江国家地质公园	花岗岩林柱	华北地台北沿燕山运动构造岩浆带的影响区域
北京石花洞国家地质公园	地下岩溶型林柱	华北地台在新构造运动中多次呈断块上升侵蚀
内蒙古克什克腾国家地质公园	花岗岩林柱, 水平状节理发育, 冰劈、冻融、风蚀作用共同形成	兴蒙地槽褶皱带与华北地台北缘, 燕山构造岩浆带的交接处

续表 3-2

名 称	地质景观特征	地质背景与构造运动
云南黎明老君山国家地质公园	丹霞林柱	华南准地台
甘肃敦煌雅丹国家地质公园	有典型的风蚀蘑菇、风蚀城堡等。是风蚀作用对松散胶结的中更新世河湖沉积侵蚀的结果	塔里木地块东北角新生代断陷盆地，河湖沉积

资料来源：据国家地质公园资料整理。

3.3.2 国内岩溶型林柱状地质景观

我国碳酸盐岩虽面积广布，但岩溶型林柱这种地貌形态在我国大约只发育有 35 片左右。中国岩溶型林柱与碳酸盐岩分布有关，我国碳酸盐岩出露地区，面积为 91 万~130 万 km^2 ，约占全国土地总面积的 1/10。其中以广西、贵州和云南东部所占的面积最大，其范围北起四川盆地南缘山地和鄂西南高原，南至南盘江河谷和桂西北山地，长约 510km，宽约 570km，总面积 $1.76 \times 10^5 \text{ km}^2$ ，是世界上岩溶分布面积最大并集中成片的地区。西藏和北方一些地区也有分布。广西、广东主要是热带和亚热带喀斯特，贵州、云南、西藏多为亚热带高原喀斯特，高山喀斯特多分布在四川、云南和西藏等高海拔地区。我国岩溶的地区分布见表 3-3，从中也可略见林柱景观。

表 3-3 我国岩溶的地区分布

地区	范 围	岩溶类型	地理地貌地质属性	林柱景观景点
华南地区	包括广西、广东和台湾地区	热带和亚热带喀斯特	高温多雨，广西石灰岩岩层厚度达 3000~5000m，广东分布于北江、连江和西江流域，面积较小。台湾省以台地和孤立小山为特点	广西、广东以锥状峰林为特点，如广西的桂林—阳朔一带的峰林，以及广东肇庆七星岩峰林

续表 3-3

地区	范 围	岩溶类型	地理地貌地质属性	林柱景观景点
西南地区	包括贵州的中部、南部及云南东部。贵州碳酸盐类岩石约占全省总面积的 80%。云南占 50%	亚热带高原喀斯特	在第三纪古热带岩溶的基础上继续发育的结果。以石炭系和二叠系岩溶发育最强	云南主要有路南石林、罗平峰林等。贵州的兴义石林等
中部地区	包括黔北、川东及长江中下游各省	亚热带季风型	震旦纪至三叠纪的碳酸盐类岩层均有出露。黔北以丘陵与槽谷为主。鄂西以丘陵和古宽谷为主。谷底有洼地、漏斗，密度不大。长江两岸地表坡度较陡，降水渗入不多，故岩溶发育不充分，形态以溶洞为主。江西中部、浙江、江苏及安徽南部，石灰岩分布较少。以丘陵和洼地为主	杭州灰岩零星分布，形成飞来峰等蚀余残丘和峰林。浙江千岛湖一带的赋溪石林、闻良石林有一定知名度
华北地区	包括北京西山地区、山东中南部，山西与河北的太行山。太岳山、吕梁山和燕山一带	温带大陆型和季风型喀斯特	岩溶类型主要以岩溶泉、干谷为主。有溶洞发育，如北京石花洞。碳酸盐类岩石以寒武、奥陶纪为主	地表岩溶林柱少见
西藏高原	涵盖青藏高原的广大范围	高寒高原型喀斯特。是世界岩溶的一种特殊类型	发育于海拔 4000m 以上的高寒高原上，发育地层为侏罗纪致密块状灰岩和老第三纪厚层灰岩	由于发育程度不充分，林柱少见

资料来源：据《中国地质遗迹资源及其管理》等资料整理。

国内主要石林分布及特征, 见表 3-4。

表 3-4 国内主要石林一览表

石林名称	地理特征	地质特征	景观特征
路南石林	位于云南石林县, 面积 350km ² , 海拔 1720~2100m, 分布在起伏和缓的岩溶原野上	成景地层为早二叠世碳酸盐岩, 溶蚀、侵蚀作用为主	柱体高大, 密集成林, 象形程度高, 可寓意强。柱体一般超过 10m, 主要由剑状岩柱集成成的景观。高低错落, 疏密有致
兴文石林	四川兴文县城南 30km, 面积 15km ²	下二叠统的茅口组 and 栖霞组灰岩	峰丛洼地区, 溶沟、石芽, 岩柱遍布。石芽一般高 2~4m, 个别高达十余米
淳安石林	浙江淳安县千岛湖景区, 面积 10km ²	三叠纪石灰岩	奇岩奇柱, 有狮子林、狮象峰等景点, 柱体高达 20 余米。石柱、石笋, 地下溶柱各具特色, 有“华东第一林”的美誉
蟠隐石林	福建永安西北 13km 的大湖镇, 面积 1.21km ² , 属国家级重点风景名胜區	二叠纪灰岩	岩柱近 200 余座, 构形千姿百态, 似人如物, 柱体最高 36m 以上。地下有溶洞, 钟乳石等柱体发育
奥陶纪石林	湖北宜昌, 规模大, 面积达 2000 多亩	成景岩层为距今 4.5 亿~5.2 亿年的奥陶系沉积岩	拟人状物, 惟妙惟肖, 平均柱体高度在 4m 左右, 最高超过 10m, 还发育景观独特的门状石林
小兴安岭石林	在小兴安岭北麓的黑龙江省伊春市汤旺河区域内, 距区府 7km	成景地层为花岗岩	景区由高而巨大的花岗岩石峰、石柱组成。景象丛生, 挺拔雄伟

续表 3-4

石林名称	地理特征	地质特征	景观特征
万盛石林	位于重庆市的万盛区南天乡境内,距重庆市区 165km,距万盛城区 20km。万盛石林面积 2.4km ²	成岩年代距今约 4.56 亿~6 亿年,形成于奥陶纪。有名为中华震旦角石的化石,是由一种生活在 6 亿多年前的海洋生物所形成的化石,见证了万盛石林的发育	主要有剑峰石、石鼓、石塔、蘑菇石、石芽等形态。峰林壁立,千姿百态。 著名的景观是千塔林,既具柱体形态,又具层状形态,柱身上分层明显。 从成因上来看,主要是所在地区经历了不同时期的海水进退,每一次海水在水位线处的侵蚀作用,均在水位线留下痕迹。 柱体上也可见海洋生物化石及海水进退线。说明这里由于地壳运动,海水进退的长期作用,在林柱体上留下了印痕。为重庆“十佳景区”
龙山落塔石林	北纬 29°11',湖南省,分布面积约 5km ²	成景地层为下二叠统茅口组灰岩,岩层倾角 15°,垂直裂隙发育	石林柱体为锯齿状、棒状,高度 5~7m
花江小排石石林	北纬 28°23',湖南省,分布面积约 8km ²	成景地层为中、上寒武统,岩层倾角小于 20°	林柱体一般为棒状,不规则状,高度多在 10~30m 之间
仙安石林	北纬 18°36',海南省。规模,面积较小	成景地层为志留系磷酸盐岩,海蚀型石林	针柱状石林,高度 4~15m
个旧石林	云南省个旧市	成景地层为三叠系石灰岩	石柱高度一般为几米至十多米之间,形态单一,多为土下石林
西双版纳纳石林	热带雨林中的大石芽,范围较小	成景地层为二叠纪灰岩	高度可达 20 余米的大石芽
桂林阳朔峰林	桂林阳朔	成景地层为二叠纪灰岩	阳朔峰林柱体一般呈塔状、圆锥状,平均高度 7m,高可达百余米
贵州兴义万峰林	贵州兴义	成景地层为二叠纪灰岩	也是锥状喀斯特景观最典型的代表,高达 30m 以上
罗平峰林	云南罗平	成景地层为二叠纪灰岩	柱状林柱,象形丰富

资料来源:据中国地质科学数据网及各旅游报道整理。

总的来看,国内喀斯特石林在地域分布上相对集中。广西峰林、峰丛甲天下。一般把基部相连,成簇状的石灰岩山峰,称为峰丛,如广西红河上游大化县七百弄峰丛非常典型。成群分布、基部不相连的石峰,称为峰林,它是峰丛进一步发育的结果,如广西阳朔等地比较典型。另外,孤立分散的石峰,称为孤峰,例如桂林的独秀峰、伏波山、书童山、骆驼山等,一些象形柱石也颇为奇特,如“龙头石林”、“鸭子石林”、“普陀石林”、“芙蓉石”、“天柱石”、“飞来石”、“翠屏石”等。广西桂林一带的峰丛、峰林,常形成“平地涌千峰”、“群峰倒影山浮水”的奇丽林柱状景观,是“桂林山水甲天下”的真实写照。

云南路南石林县集中成片的石林就有 20 片,除已开发的大、小石林和乃古石林外,还有莫村、石板哨、天生关、北大村、阿易林天生桥、黑龙箐、滞草村、所各邑、文笔山、戈衣黑、豆黑村、水塘铺、清水塘、尾博邑等石林。另外云南的陆良、弥勒等县也有石林分布,总面积在 500km² 以上。

在贵州也集中发育了多片石林,如兴义泥凼石林、修文石林、贞丰石林、关岭石林、瓮安石林、湄潭石林等。西南岩溶地区还形成许多著名景点,如桂林黄果树、织金洞、龙宫、红枫湖、荔波漳江、马岭河、石林、九乡溶洞、建水燕子洞等就分布在这一地区。

在上述岩溶型林柱中,有名列 2005 年中国最美五大峰林之列的桂林阳朔峰林、贵州兴义万峰林、罗平峰林。

桂林阳朔峰林发育在二叠纪等时代不同的石灰岩和白云岩中,岩层厚度大,质地纯,含杂质较少。阳朔峰林形态上为一定曲率的锥状石灰岩岩柱,峰柱并不尖锐。峰林属锥状喀斯特(cone karst),国外也称 kegel karst,而我国习惯称为峰林喀斯特,中美洲称 cockpit karst。景观典型形态为圆锥状峰丛洼地、峰林。阳朔峰林柱体一般呈塔状、圆锥状,平均高度 74m,高可达百余米,峰林柱体的基座不相连,没有连续的山脊,四壁陡峭,平地拔起,峰丛柱体基座相连,也很高大,相对高度超

过 600m, 而且许多成行排列, 显示各峰体的发育与构造线一致。

贵州兴义万峰林内万峰簇拥, 高低层次排列有序, 锥峰造型姿态万千, 融壮阔美、清秀美和险奇美为一体, 是锥状喀斯特景观最典型的代表。兴义万峰林从高原向斜坡地带分异清晰, 发育完美, 早被明朝徐霞客所重视, 布依族和苗族风情更增添其情趣, 极具人文价值、美学价值及地质科学价值。

罗平峰林, 位于云南省罗平县, 地处已开发的景区九龙瀑布、多依河景区、鲁布革三峡景区的中心圈内, 占地约 1000km²。以其“区内锥状石峰排列如林, 地貌典型。周边平坝梯田万顷, 每到春季油菜花开, 酷似金黄色海洋, 碧峰金波相映成趣, 其美无比。”脱颖而出, 名列中国最美丽的五大峰林之一。金鸡峰丛为著名景点, 这里林柱形态各异, 玲珑精美的锥状峰丛, 仿佛刚刚出土的春笋, 在不同的季节中, 点缀在冬春季节油菜花盛开的金色海洋里。林柱高的百余米, 低的几十米, 千姿百态, 目不暇接。有“金鸡报晓”、“峭壁仙子”、“大佛讲经”、“双狮对戏”等命名景点 100 余处。

3.3.3 国内土林景观特征

众多的土林特征见表 3-5。

表 3-5 国内主要土林特征表

林柱名称	地理特征	地质特征	景观特征
元谋土林	位于元谋盆地金沙江以南, 龙川江西部和南部, 少数在元谋县城东。平均海拔 1100m。元谋土林有 13 片之多, 面积 50 余平方公里	有的土林砂砾混杂, 砾石成分比例较大, 柱顶有铁质风化壳。如虎跳滩土林。有的泥质成分更明显, 成景物质松散, 胶结程度低。如新华土林	土林形态多样, 有雪峰状、锥柱状、城堡状, 如森林, 如迷宫, 如宝塔, 如古堡; 土柱高低不一, 有的高达 40 多米, 有的只有 2m、3m

续表 3-5

林柱名称	地理特征	地质特征	景观特征
天山土林	位于和静县巴音布魯克草原西南, 土林区海拔 3500m, 面积 45km ²	由第三纪、第四纪半胶结的砂砾岩层组成	柱体相对高度 30m 左右。形态多样, 可拟人喻物
狼牙棒土林	吉林乾安, 面积 7.5km ²	第三纪半胶结的砂砾沉积物	形态多样, 高达 10m 以上
驼山土林	位于陕西瓦房店西北驼山乡	土林是由第四系黄土状土组成的山前台地, 在长期的侵蚀、剥蚀作用下形成现有的土林形态	色调黄褐色为主, 造型多样, 柱体一般 10m 以下
建水土林	昆明至建水间一个名叫麻栗树镇的地方, 面积约 3km ²	第三纪半松散砂砾沉积物	柱体形态多样, 有一定高度, 高的达 10m 以上, 造型生动
西藏阿里扎达土林	位于中印边界的札达县和普兰县境内, 面积达 210 多平方公里, 可能是我国面积最大的土林。平均海拔在 4000m 以上	山第三系红色砂岩构成	在长达 100 多公里峡谷里, 排列着一座座造型多样的林柱状岩层山峰地貌。 有的如城墙、有的如宫殿, 自然美与原始的沧桑感意境浓郁
景东土林	位于云南思茅地区景东彝族自治县文井镇。面积大约 6.6km ²	第四纪半固结砂砾层、泥质层。柱体每隔一段, 就会出现一圈赭石色的小石块层隔开土层。反映出不同地质历史时段沉积环境的变化	土柱高耸, 密如森林, 连绵成片。有的细长高大。犹如擎天柱, 有的顶部犹如头戴发冠。 翠绿的树林与赭红的土林相映成趣, 虽反差大却显和谐

续表 3-5

林柱名称	地理特征	地质特征	景观特征
黄土柱	我国东北的南部以及长城以南。秦岭以北,西迄青海东部,东至海滨的广大黄河流域,都广布黄土,特别是黄土高原	第四纪时期形成的广泛分布的松散土状堆积物,主要由粉砂组成,粒径在 $0.05 \sim 0.005\text{mm}$ 之间,其中以 $0.05 \sim 0.01\text{mm}$ 的粗—中粒粉砂为主,其平均含量可达 $45\% \sim 60\%$,此外,还含少量细砂和黏土,垂直节理发育,具有很强的湿陷性,缺乏团粒结构,所含硫酸钙质在雨水、流水作用下极易溶解流失,抗蚀能力很差	黄土易受流水切割,形成黄土柱、黄土梁、黄土峁等形态。 呈浅灰黄色或棕黄色,受地质特征的影响,加之植被普遍遭到破坏,更加剧了土壤的侵蚀,因而黄土柱很不稳定,容易塌陷,失去柱体形态

水土流失较为剧烈的淋溶型林柱状地质景观主要有土林,彩色沙林、彩色膏林较为少见,目前仅见于陆良与元江。土林粗犷、挺拔、峻峭,展现大地的沧桑巨变。土林一般分布于湖泊相沉的小型盆地,在我国不少地区均有发育,如云南的元谋、陆良、永德、永胜、南涧、建水、牟定、江川等和西藏阿里札达盆地、四川西昌、新疆叶城、甘肃天水、吉林乾安等地。

云南元谋盆地的班果、湾堡、新华、芝麻、虎跳滩等地的土林较为典型,虎跳滩土林已开发为旅游景点。此外,还有云南永德以及四川西昌、甘肃天水亦有分布。新疆库车一带,无数几十米到上百米高的尖笋状紫色峰林、峰丛,似“外星球”般奇景,是地层产状陡倾到直立形成土林的唯一实例。

3.3.4 武陵源石英砂岩峰林

武陵源石英砂岩峰林具有世界自然遗产和世界地质公园的双重殊荣,也是石英砂岩型林柱的典型代表,有的专家认为石英砂岩能形成武陵源这样的林柱,举世罕见,堪称唯一。比较而言,

对武陵源石英砂岩峰林的地质景观属性和特征研究较为深入,在此略作重点介绍。

3.3.4.1 景区概况

武陵源石英砂岩峰林位于湘西北,大庸市境内,范围为东经 $110^{\circ}20'30''\sim 110^{\circ}41'15''$ 、北纬 $29^{\circ}16'25''\sim 29^{\circ}24'25''$ 。含张家界国家森林公园、天子山自然保护区及索溪峪自然保护区3个核心风景区。风景区面积达 133km^2 ,海拔最高为 1334m ,最低为 300m 。

1982年被批准为国家重点风景名胜区,1992年12月正式被联合国教科文组织根据自然遗产遴选标准N(III)列入《世界遗产名录》,2001年3月成为国家地质公园,2004年顺利通过世界地质公园的评审。

湖南省武陵源石英砂岩峰林,峰丛地质景观,是典型的林柱状地质景观。流水侵蚀作用明显,也将其归为淋溶—侵蚀型林柱状地质景观。但形成时代、地层岩性等方面与单纯淋溶型的沙林、土林有一定的差异,作为世界自然遗产和世界地质公园,其知名度很大,典型性突出。

湖南省武陵源石英砂岩峰林刚发现时,曾认为是丹霞地貌、假喀斯特,还有的从岩石特征和形态取名为砂岩峰林、砂岩塔林、柱峰地貌等。此外,也有“张家界地貌”、“青岩山地貌”、“金鞭溪地貌”、“武陵源地貌”、“索溪峪地貌”等称呼。

3.3.4.2 景观特征与地层岩性

武陵源石英砂岩峰林共有峰柱3000余座。峰体分布在海拔 $500\sim 1100\text{m}$,高度由几十米至 400m 不等。高于 400m 以上的峰林有1000多座。有“扩大的盆景,缩小的仙境,巨大的园林”之美誉。高于 400m 以上的峰林有1000多座。

武陵源石英砂岩峰林造型形态优美,如图3-1所示,若人、若神、若仙、若禽、若兽、若物,变化万千,宛如“天然大盆景”,万石峥嵘,峰三千,水八百,绵延数百里。属世界少有的石英砂岩峰林景观。



图3-1 武陵源石英砂岩峰林(据潘江资料)

武陵源石英砂岩峰林景观最突出的是其峰柱外形棱角清晰,并显著有别于碳酸盐岩和其他岩类的风化形态。由于所处地域偏僻,人迹罕至的自然地理条件,使这块土地保存了近乎原始状态的亚热带优美环境,生物环境及其生态环境。还以“湘西型”岩溶地貌景观为辅,兼有大量的地质遗迹。

武陵源石英砂岩峰林的成景地层属层状层组结构,即厚层石英砂岩夹薄层、极薄层云母粉砂岩或頁岩,产状平缓($5^{\circ}\sim 8^{\circ}$,局部最大达 20°),景区出露的沉积岩地层可分下、中、上三部分,最下部为下古生界中志留统(距今约4.28亿~4.2亿年前的)一套浅海相杂色泥岩,其上是上古生界中上泥盆统云台观组(距今约3.8亿年前)一套厚约500余米的紫红、灰白色石英砂岩,层厚质纯、坚硬,性脆,岩层倾角平缓,增加了岩石的稳定性,是峰林成景的主要物质基础;最上部为上古生界二叠系和中生界三叠系海相灰岩。

武陵源石英砂岩峰林中的“南天一柱”位于黄狮寨前卡门与后卡门之间,是一根顶天立地的天然石柱,高300m,上粗下细。在“南天一柱”的东南方,5座笔直的山峰直入云霄,有如5枚银针插入海中,故名“定海神针”。背靠腰子寨,面对南天一柱,有一高350m的石峰,名为金鞭岩。此岩上尖下粗,中间有不平的

节痕，有棱有角，四四方方。

其他有代表性的象形峰柱还有：“将军岩”、“乌龟峰”、“宝塔峰”、“醉罗汉”、“神鹰护鞭”、“双石玉笋”、“劈山救母”、“独峰孤猴”、“骆驼峰”等。

上述特点有利于自然造型雕塑、发育高大峰林而不倒。地层显示滨海相碎屑岩类特点。景区(张家界、天子山、索溪峪)恰好位于石门—桑植复式向斜中的天子山、三官寺宽缓短轴向斜核部边缘。

3.3.4.3 成景作用

石英砂岩峰林的成景岩层垂直节理发育，显示等距性特点，间距一般 15m 至 20 余米，为塑造千姿百态的峰林地貌形态和幽深峡谷提供了条件。基于上述因素，加之区域新构造运动的间歇抬升、倾斜，山体按复杂的自然演化过程形成峰林，显示出高峻、顶平、壁陡等特点。武陵源中著名的景点“神兵列阵”，笔直的石柱、密集林立，如军人般整齐的列队排列，高度较为一致。是流水沿垂直节理下切侵蚀的结果。“古战场 48 大将军”，形如成排视死如归的壮士，“定海神针”、“直刺青天”也是节理起了重要作用。

武陵源石英砂岩峰林是产状近水平的泥盆纪厚层石英砂岩，在北东向、北西向和南北向三组垂直节理发育控制，经不断的流水冲刷和崩塌作用，加之暴露时间的长短和节理裂隙发育程度不同，雕琢出的奇特景观。形成石山、石墙、石门、天生桥等形态类型。

在一般概念中，厚层石英砂岩抗风化能力是很强的，但是，武陵源石英砂岩峰林的岩层受地壳运动作用力，形成三组(北东 30° ；北西 $310^\circ \sim 300^\circ$ ；近东西向)节理，前两组是近于垂直的方格状交叉节理，形成棋盘格状的裂隙体系。这三组裂隙严格地控制着景区内拔地而起的柱状群峰发育。石英砂岩的坚硬性和平缓产状，又保证了高达 300 余米的峰柱群刚毅挺拔，耸立不倒。

总之，厚层石英砂岩是成景物质基础，岩层产状平缓和区域

垂直升降运动是前提条件,棋盘格状垂直节理体系是成景条件,而流水冲击、差异风化、磨蚀作用和崩塌是成景的主要动力条件。

武陵源地理上位于云贵高原东北端地貌斜坡梯降带(平均海拔500~1000m),常年气候温和,雨水丰沛,年降雨量为1200~1600mm。流水夹带大量泥沙、碎石、沿陡坡谷冲泻而下,冲击作用和磨蚀作用巨大,不断地沿裂隙强烈深切,加速了裂隙带石英砂岩的解体和峰柱形成,加之第四纪山岳冰川的冰冻,使裂隙增大,流水迅速下切,分割台地,形成沟谷或林柱,使峰林石柱切割达数百米高而不倒。

由于云台观组石英砂岩中夹有相对较软的砂页岩和钙质砂岩,差异风化的原因使峰柱表面形成凹凸变化,更平添了峰柱的立体变化感。流水侵蚀作用和重力崩塌,使节理密集带岩石破碎、间隙扩大。

植物的根系生长过程对石英砂岩的根劈和酸蚀,也协助了岩石的破碎过程。而后期,植物也保护了陡峭的石柱峰林,延缓了水土流失和崩塌产生,成为石英砂岩峰林地貌成景的有利条件。正是在这四者的合力作用下,造就了这一大自然奇观。

3.3.4.4 形成发育过程

武陵源在区域构造体系中,处于新华夏第三隆起带。在漫长的地质历史时期内,大致经历了武陵—雪峰、印支、燕山、喜山及新构造运动。区域内以垂直升降为主的新构造运动十分明显,中生代的燕山运动,使地层产生极缓的褶皱,形成武陵山、雪峰山隆起带,武陵—雪峰运动奠定了本区基底构造。印支运动塑造了本区的基本构造地貌格架,而喜山及新构造运动是形成武陵源奇特的石英砂岩峰林地貌景观的最基本的内在因素之一。

陈国达将其整个形成演化过程可分成四个时期:石英砂原料准备期,沉积压实期、抬升至地平线之上的时期、砂层雕塑期。认为在15亿年前的元古代,花岗岩在火山喷发等地壳运动的影响下,准备了石英砂原料。至4亿年前的泥盆纪,这里主要为滨

海环境,地壳下降、海水入侵,由于处近海地带,几条河流汇入,带来大量泥沙,经1亿年左右的沉积,沉积了几千米厚泥盆纪石英砂岩。之后,地壳稍有抬升,未接受沉积,部分砂岩遭剥蚀。至二叠纪(约2.5亿年前)时,地壳下降,本区处于浅海环境,接受了石灰岩沉积。中三叠世末(约2亿年前),经地壳上升运动,使砂层抬升到地平线上,本区成为陆地。6500万年前的喜马拉雅运动使地壳进一步抬升,沉积物遭受剥蚀,形成海拔1000~1200m和800m两级剥蚀面。

潘江等人认为泥盆纪时期形成的石英砂岩,隆起抬升后,由于受北西、北东、南北向三组节理的共同控制,且风景区发育在宽缓背斜上,岩层保持平缓,对形成方山、石柱有重要的影响。在风化剥蚀初期,砂岩之上的石灰岩盖层被剥蚀掉,并且以索溪为轴的水网易沿节理面垂直下渗,向下切割将砂岩层分割成方山及长条状山(如天子山、袁家界、腰子寨、黄狮寨等方山)以及峰墙、峰柱雏形。随地壳的进一步的抬升使水流下切,且水网密度加大,致使方山增高,出现石柱、石峰、峡谷、峰林、石墙、天生桥等地貌,到侵蚀演化的后期,形成残林、残峰等形态。

武陵源现在的地壳较稳定,河流在局部河谷较陡地带下切作用较强,而在河谷平缓地带则以侧蚀和搬运作用为主。当峰林侧蚀作用加强时,沟谷展宽,为峰林地貌的衰亡期。风化作用也使峰、柱高度进一步降低,体积变小,蚀余消失。

总之,经过漫长的地质历史时期,从沉积成岩作用,到燕山造山运动、喜马拉雅造山运动和第四纪时期的新构造运动,砂岩峰林才完整地形成与发育,再加上构造节理与外应力作用,包括流水侵蚀作用、化学黏结作用、重力崩塌作用、风雨剥蚀作用与生物根劈作用,才形成了千姿百态、沟壑纵横、奇峰耸立、万石峥嵘的大自然奇观。

武陵源不仅有自然天成的地质奇观,也属少数民族聚居地区,主要有土家族、白族、苗族,民俗风情浓郁,如土家摆手舞、土家硬气功、土家阳戏。自然与人文景观,一道成为亮丽的

旅游吸引物。

3.3.5 丹霞林柱景观

丹霞地貌具有丹山碧水、红岩秀色等诸多特点,因而有很高的旅游价值,是我国重要的地质地貌资源。我国丹霞地貌区风景类型主要有石寨、石墙、石梁、石崖、石柱、石峰、峰丛、一线天、嶂谷、峰林、单斜山、石门、天生桥、穿洞、扁平洞、壶状洞、岩槽、溶洞、水蚀溶洞、竖状洞穴、蜂窝状洞穴、崩塌洞穴、堆积洞穴、崩积岩块、造型地貌、天然壁画等26类。其中的一些风景类型,就具有林柱特色。

丹霞地貌成景物质岩性主要为砂岩和砾岩互层,发育于侏罗纪至第三纪的红色碎屑岩层。红色碎屑岩因其质坚而脆,易发育垂直节理。在近水平地层因地壳运动而抬升的过程中,受地表水流的侵蚀,易发育为垂直溶沟、裂隙,并逐渐扩大,伴之崩塌溶蚀,常形成方山赤壁、陡崖、峭壁、峰丛、石柱等景观,呈现鲜艳形红的林柱景观。

丹霞地貌虽与武陵源石英砂岩峰林岩性类似,但在成景条件等方面与后者有一定差异,将在后面章节中进一步比较说明。

目前,我国已发现的丹霞地貌区有350多处,广东仁化、云南丽江老君山黎明、江西龙虎山、四川青城山、安徽齐云山、福建武夷山、甘肃麦积山、甘肃崆峒山、贵州梵净山、桂北湘南的资江八角寨、浙江方岩、江西圭峰、河北承德的棒槌山与双塔山均有分布。丹霞地貌中的林柱,也是流水侵蚀作用的产物,因而,也可归为淋溶—侵蚀型林柱状地质景观。

丹霞地貌是著名院士陈国达在1939年最先命名的。因最早在广东仁化丹霞山发现,因此称丹霞地貌。

3.3.5.1 广东仁化丹霞山

丹霞山位于广东韶关市东北的仁化盆地,总面积290km²。是由山间盆地洪积相的砂岩、砾岩互层所构成。其中不少地方含砾岩与粗砂岩的透镜体或含有钙质。该套地层厚达700m左右,

称为丹霞层,时代为早第三纪(E1)。形态具“顶斜、身陡、麓缓”等基本特征。有方山、奇峰、赤壁、龟裂、岩洞等特殊地貌。具峰林、孤峰、峰丘、石柱、石寨(方山)、石梁、石墙、石崖、石堡、石巷(一线天)、石槽、嶂谷、狭谷、崩积洞穴、天生桥等微观形态,发育典型、齐全而有特色。由于发育岩层含有三氧化二铁、钙质和少量石膏等矿物质而呈红色,有“色如渥丹、灿若明霞”的特色。

由于广东仁化丹霞山林柱成景地层为早第三纪紫褐色砂砾岩丹霞组岩层,含钙质和氢氧化铁等物质。砂岩属含水层或富水层,易遭受风化,风化产物松散,富含水量,易于植被生长,因而砂岩地区往往植被繁茂、风景优美。

广东仁化丹霞山中的柱体,体积较小的直立峰岩,高的称“岩”,如燕岩(海拔615m)、锦岩等。相对较矮的称“石”,如人面石(海拔471m)、八仙石、阳元石、阴元石等。

广东丹霞山地处沉积盆地,构造抬升、流水作用居主导,沿着岩石节理下切、侵蚀或掏空、崩陷,使方山分割,林柱形成。重力作用、差异风化作用、盐化使用、风蚀作用也参与其中。形成过程类似于土林,流水沿垂直节理下渗、切割,有沟谷之态,但水土流失远不及土林强烈。

3.3.5.2 云南黎锣石丹霞

在云南的世界遗产地三江并流带,由于更新世的快速隆升,使刚沉积不久,但已固结成岩的下第三系红色磨拉石建造遭受侵蚀,并在冰雪融冻作用的参与下,形成了独特的高山丹霞地质遗迹。这里的丹霞地貌中有林柱体分布,如丽江黎明老君山的“佛陀峰”、“情人柱”,十分迷人、壮观。

三江并流带的丹霞地貌主要集中在丽江老君山周缘的黎明、黎光、金丝厂、罗古箐一带,以及德钦的甲午雪山、剑川的石宝山等地。范围北起丽江黎明、黎光,经中部的兰坪锣锅箐,至南部的剑川石宝山,呈一南北长约85km的带状丹霞地貌发育地带,总面积超过1500km²,简称黎锣石丹霞,泛指黎明、锣锅

簪、石宝山丹霞。属于下第三系红色磨拉石(红色砂岩、砾岩、泥岩等)的冰蚀、流水侵蚀地貌,色调鲜红、瑰丽。

黎锣石丹霞地貌主要分布在海拔 2300~4200m 地段,最高达 5000m,根据有关统计资料,其面积之大,超过广东丹霞山、福建武夷山和广西境内的丹霞地貌面积之和。是我国迄今为止已知面积最大、海拔最高的丹霞地貌景观区。除具有广东丹霞山、福建武夷山丹霞地貌景观的特点,又有自身的特点,突出的是有冰雪融冻作用的参与。

从地质背景看,三江并流带于第三纪始新世至渐新世,在内陆湖盆中沉积了一套磨拉石建造砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩组成的红色岩系。其后,更新世地壳迅速上升,红色砂岩遭受剥蚀。至第四系冰川发育时期,该区又受冰川侵蚀作用,这样在常态水流及融冻水流的共同作用下,岩石更易解体、分割,形成林柱。

三江并流带丹霞地貌发育的成景地层,为厚大的始新统美东组、宝相寺组和渐新世金丝厂组地层,属第三系红色砂岩,特点是相变大,交错层理发育,为含铁、钙高的含膏盐岩系。岩性以紫红色、灰紫色夹浅灰色黄褐色砂岩为主,夹粉砂岩、泥岩、砾岩。角度不整合覆盖于元古代、古生代、中生代地层上。

从景观特征看,方山赤壁几乎随处可见。部分方山赤壁随着侵蚀失去棱角,形成有一定高度的石峰石柱。如佛陀峰和擎天柱。佛陀峰高达 80m,直径二三十米,下部相对平滑,而峰顶龟板纹纵横交错,组合有序,形如佛陀。擎天柱石高达 50m,昂首挺立,拔地而起。

三江并流带老君山丹霞地貌由于岩石节理裂隙规则发育,并含有一定的膏盐物质,形成龟背状,有著名的千龟朝圣景点。有的地段,丹霞地貌发育阶段尚处于雏形阶段,岩峰分割还不完全,故没有林柱之貌,但有的地段,切割程度较深,峡谷、峭壁、高大林柱可见,以赤壁方山、峰林地貌为特征。

黎明、锣锅簪、石宝山的丹霞地质景观虽处于同一相对接近的第三系陆相红色岩砂,且在第四纪相似的地质构造环境下发育

成丹霞地质景观,但因其岩性、第四纪地质、生态环境差异,导致了黎明、锣鼓箐、石宝山丹霞景观的明显差异,也包括其中的林柱差异,见表 3-6。

表 3-6 黎明、锣鼓箐、石宝山丹霞林柱差异

	黎 明	锣鼓箐	石宝山
成景地层	第三系宝相寺组(E2b) 上部浅灰色砂岩,下部紫红色砾岩与钙质粉砂岩互层。美乐组(E2m)上部砂红色砂岩,下部砾岩夹砂岩	第三系金丝厂组(E3f)、紫红色砂岩为主,局部为砾岩,含砾砂岩、粉砂岩、钙质粉砂岩夹泥岩	第三系宝相寺组(E2b)。以紫红、灰紫红夹黄褐色砾岩为主,夹砂岩、粉砂岩、泥岩
成景岩性构造环境	基座为石鼓群变质岩系,红色岩系从底砾岩向上粒度变细,具韵律结构。钙质粉砂岩岩性相对稳定,厚大;细一粉砂岩多交错层理发育。红色岩系含盐,地层产状平缓,与层理垂直的微节理发育;垂直节理发育,且相对稳定。气候、水文环境稳定	岩性相对均匀,交错层理多见,微节理及节理发育较差,地层多倾斜,可达中等倾斜。有冰川活动遗迹	岩性相对均匀,具韵律结构,交错层理发育。地层产状平缓,微节理及节理发育
丹霞林柱景观特征	峰林高度相对接近,方山赤壁及连座峰丛发育;三日峰最具特色;石峰石柱高大挺拔;千龟山、佛陀峰、擎天柱、情人柱最具特色	峰林高度悬殊;孤峰、多峰状峰丛发育,千峰万壑,翠屏赤峰景色俊秀	峰林高度分两层结构;上层龟裂状石壁峰丛,高大粗犷豪放;下层龟裂状石丛相对低矮,呈石芽状

黎明、锣鼓箐、石宝山地区的丹霞地貌,由于成景地层和成景岩性构造环境的差异,对林柱的景观特征也有一定影响。例如,黎明地区的红色砂岩层普遍形成高约 80m 的陡崖,有壁立千仞之貌,形成了“丹霞岩”、“千龟山”、“三日峰”、“摩天岭”、“红岩”、“阿娜曝峰”、“情人柱”等峰柱。而石宝山由于岩层明显分为两层,下部砂砾岩层,多为黄色色调,形成低石柱、石峰等景色;上部为交错纹明显的红色砂岩,形成石壁峰丛。

黎铧石丹霞地貌中的方山陡壁或每一个峰林都是一个地层柱子，柱子上因红砂岩结构、构造、成分的差异和抗风化的差异形成了不同的特征。

由于红砂岩可分为含砾砂岩、厚层块状砂岩和交错层理发育的细粉砂岩，不同岩石及岩石结构对丹霞地貌类型的形成有很大影响，因而在整个丹霞地貌区，林柱与其他景观并存。

3.3.5.3 其他丹霞林柱

其他丹霞林柱主要有武夷山及河北承德丹霞林柱。位于福建崇安盆地内，海拔介于169~700m之间。发育在红色地层上，时代为K-E，厚度达2000多米。景区中“峰”、“岩”与“石”为高低不一的直立柱体。“玉女峰”、“大王峰”是景区内标志性景观，前者亭亭玉立，体态修长，高达30余米，与之相对的“大王峰”，高度较低，但气势不凡，有君王之威。

承德丹霞林柱，地处河北承德，现代气候冷干。但由于古气候适于丹霞的发育，因而河北承德的丹霞地貌较为典型。承德丹霞林柱属早第三纪丹霞红层，“棒槌峰”、“双塔山”为典型柱状景观。“棒槌峰”位于武烈河东岸，高达45m，上粗下细，巍然屹立、雄伟奇特。“双塔山”均高达30余米，两者相距7m，是经流水沿垂直节理风化侵蚀后分离而成。

3.3.6 中国其他类型的典型林柱

变质岩林柱，以贵州梵净山为胜，成景地层属千枚岩的地层。由于片理清晰、易层层剥落，岩石沿垂直节理崩塌风化后易成柱体。石柱突兀。有“万卷书”、“千层纸”、“蘑菇岩”等独特景观。

花岗岩也可形成柱状等奇特的造型景观。花岗岩节理发育，在长期的流水、风化作用下，易沿垂直节理分割成直立状柱体，有的单体的景观常被称为“石”，例如黄山的“仙桃石”、“龟鱼石”、“金龟望月石”、“飞来石”，普陀山的“磐陀石”、“云扶石”，辽宁千山的“无根石”。海南岛的“天涯海角”、“鹿回头”，“南天

一柱”等观赏石有的有一定高度，柱状特征明显。当类似的柱体较为集中时，就有了林状之貌。

黄山山体由粗粒花岗岩构成，垂直节理发育，峰柱状地貌特色明显，著名的 72 峰中，36 座大峰威武雄壮、高耸入云，如三大主峰“莲花”、“天都”和“光明顶”海拔都在 1800m 以上；36 座小峰形态各异，参差林立，如“飞来石”、“双剪峰”、“双笋峰”、“蜡烛峰”、“青鸾峰”、“朱砂峰”、“试剑石”等景观。

江西三清山花岗岩峰林，为世界罕见、幽谷千仞、奇绝秀美的林柱状地质地貌景观，具极高的美学和地质研究价值，被评为中国最美的五大峰林之一。在扬子板块和华夏板块的深度撞击下，形成了罕见的三清山花岗岩峰林景观，又经亿万年的生物风化和侵蚀，造就了西太平洋边缘最美的花岗岩峰林。在国内乃至世界范围都属首屈一指。如“万笏朝天”景观，也是壮观的天然林柱，有的柱体高达 30 余米，有直插云霄之势，可见其垂直节理密集整齐，纵贯上下，尤其壮观。还有一景点“巨蟒出山”，垂直节理发育，形成了高达 128m 的石柱。

内蒙古阿斯哈图花岗岩石林，位于内蒙古自治区赤峰市克什克腾旗境内的大兴安岭主峰——黄岗峰以北 40km 的北大山上，面积约 5km²，林柱发育于花岗岩地层上。是岩层经冰川作用、寒冻风化、风蚀作用等形成。这里石林成片分布，连绵几百米，宽几十米，相对高度 5~20m。形态多样，石林的底部常相连。

浙江绍兴岩浆岩林柱，位于绍兴城西 12km。原是隋汉时人工采石后留下，已有 1800 年历史。柱体的物质基础为侏罗系中酸性熔岩流，冷凝后形成的流纹岩(酸性)、安山岩(中性)或火山碎屑岩，也即凝灰岩或经熔融、重结晶作用的熔结凝灰岩。柱体高有 30 余米，顶如戴笠，足如金鸡独立，细不足 2m，特立独行，上刻有“云骨”两字。

风蚀林柱以塔里木盆地的东北部、准噶尔盆地的北部等地区较为典型。如新疆的乌尔禾“魔鬼城”属岩性强弱相间的古生代二叠纪沉积岩地层，岩性主要为砂岩或页岩等。在差异性风蚀的作

用下,形成层状或塔林状形态。单体尽管形态各异,但高出地面一般在10~30m,整体呈柱状形,柱状顶部由于风力吹蚀,均较平坦。形成形态各异的林柱,如石笋、石兽、石亭、石塔、风蚀蘑菇、风蚀城堡等。

黄土柱在我国也是与一种独特的林柱地貌,主要分布在黄土高原。黄土高原是黄土及黄土地貌分布最集中的地区,北起长城,南到秦岭,西起青海日月山,东到太行山,总面积41.56万km²。黄土层的厚度,为发育成较高大的林柱准备了条件。陕西洛川、甘肃西峰黄土厚达150~200m;兰州黄土最厚达400m;晋西、陕北、陇东、豫西等地的一般厚50~100m,其他地方多在50m以下。

黄土柱往往与其他黄土地貌的其他类型相伴而生。因而在梁峁丘陵、沟壑宽谷的黄土高原上,黄土柱较为常见。如陕北延安、安塞、子长、绥德、米脂、洛川、富县、长武、晋西离石、兴县、甘肃西峰、秦安、甘谷、静宁、永登、皋兰、会宁、宁夏西吉、彭阳等地较为典型。

在陕西洛川黄土国家地质公园内,各种黄土地貌尽收眼底。黄土柱也不例外。陕西洛川黄土国家地质公园位于延安洛川县境内,面积5.9km²。景观集中在黑木沟,保存有世界上极特殊的典型黄土地质遗迹。其出露的典型黄土剖面对中国乃至欧亚大陆第四纪地质事件、古气候研究都具有重要价值。

洛川黄土地貌景观与石灰岩质的喀斯特景观外形有相似之处,因此,有“黄土喀斯特”之称。公园交通便捷,结合动物化石、文物古迹、陕北民族风情等旅游吸引物,该公园有较高的旅游价值。黄土的成景物质要追溯于来自远古时期蒙古和西北内陆地区的粉沙土。这些粉沙土随风南下,当风力减弱或遇到地形阻挡时沉降下来,作为黄土高原的一部分,洛川盆地堆积发育了厚层黄土。洛川黄土是由石英、长石等矿物颗粒经多种形式胶结构成的堆积物,层理不明显,但垂直节理发育,直立性好,在大气降水及地表水的侵蚀、切割下,加之地面缺乏植被保护,水土流

失严重。故形成了独特奇异的黄土地貌，主要有黄土柱、黄土桥、黄土坡、黄土洞、黄土沟谷等地景观。

洛川的黄土柱主要集中在黑木沟，数量众多，错落有致，气势不凡。黄土柱呈单个或群体分布，高数米至数十米，直径1~7m不等，有的如火箭，有的如嫩笋，有的如金字塔，有方柱、圆柱、子母柱、寄生柱、巨柱等类型，象形形态丰富，浑然天成。“黄土金字塔”、“孔雀下山”、“海豚出水”为典型景点。

海蚀柱是海蚀崖后退过程中，留下的柱状岩体，岩性主要为砂岩。海蚀柱只是海蚀地貌中的一种类型，与海蚀桥、海蚀洞共同组合成海蚀地貌。主要分布在海滨地区，如海南、辽宁、福建等。我国大陆海岸线从鸭绿江口至中越边境的北仑河，长达18000km，发育各种类型的海蚀地貌。从北到南已建立有大连金石滩、北戴河、南戴河、青岛、万石岩与鼓浪屿、海南的“天涯海角”等旅游区。

玄武岩林柱在中国江苏六合县的柱子山均有分布，但都不如“巨人之路”典型和壮观。

广东湛江南面的硃洲岛、云南腾冲、浙江嵊州、浙江新昌、浙江象山花岙山、临海桃渚万柱山、南京六合柱子山、福建澄海牛头山等地，均有玄武岩柱状节理的分布。例如，广东湛江南面的硃洲岛，为一典型的玄武岩陡崖，崖面由许多石柱排列而成，柱体直径约50cm，每边长约40cm，高达16m，是国内规模最大的玄武岩柱状林。

由于中国的林柱状地质景观众多，又各有特色，且集中分布。故云南的针状喀斯特石林、贵州的锥状喀斯特峰林、广西的塔状喀斯特、重庆市的天坑群被国务院列入“中国南方喀斯特”项目，共同确定为我国2007年世界自然遗产唯一申报项目，申报材料已正式提交联合国教科文组织世界遗产中心。

总体上看，国内外林柱状地质景观，均与自然保护及发展旅游结合起来，发挥了良好的生态效益、社会效益和经济效益。

4.1 区域自然与地质环境

在本书所指的滇中研究范围内,已发现的林柱状典型地质景观主要有四处,即路南石林、陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林,其分布如图4-1所示。着重以它们为例,较为深入的讨论和阐述地质成因、景观形态特征、演变过程。其性与差异等,为了解相关类型的林柱状地质景观提供参考。

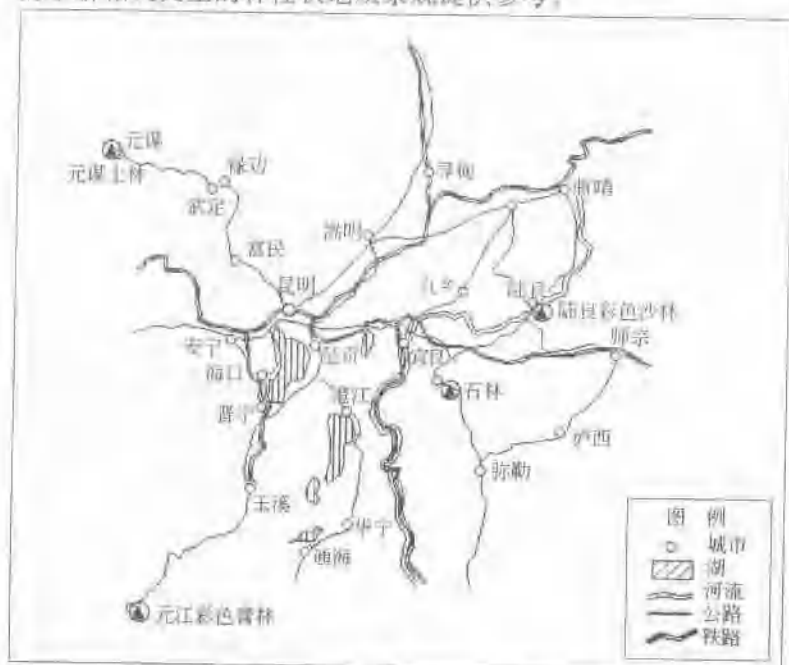


图4-1 滇中“四林”分布图

滇中淋溶型林柱状地质景观的沉积物多属于内陆湖盆或河谷盆地沉积的陆源物质。故其形成与盆地分布规律有关联,如在川滇南北构造带上,断续展布着泸定、汉源、西昌、会理、盐源、红格、元谋、昆明、牟定、陆良、元江、路南等第四纪上新世早期河湖相沉积盆地,滇中林柱状地质景观主要发育于这些盆地中,如石林分布在路南盆地中,土林分布于元谋盆地中,陆良彩色沙林分布于陆良盆地中,彩色膏林分布于元江盆地中。

4.1.1 区域自然环境

研究区域的自然环境,归纳后见表4-1。

表4-1 滇中林柱状地质景观自然环境

自然环境	石林	陆良彩色沙林	元谋土林	元江彩色膏林
地形地貌	地处云南喀斯特高原区。地势东北高,西南低,主体位于九峰山(又称东山)和大佛山(又称西山)之间	地处陆良盆地内,陆良盆地为全省第一大坝子,海拔1630~1900m,面积达771.99km ² ,占全县总面积的38.2%。西南高山环峙	所在的元谋盆地属滇中高原上最低的一个盆地,境内最低海拔898m,最高海拔2836m。广义的元谋盆地,介于东经102°,北纬25°35'之间,东为东山,西为右所山,南为三月山,北为阿拉益山。狭义的元谋盆地主要指东郊元谋县城所在的盆地	元江盆地为一山间断陷盆地,受元江—红河断裂带控制较深。西靠哀牢山
现代气候	海拔在1625~1900m之间,年平均气温15.5℃,最冷月份为1月,平均气温8.2℃;最热月份为7月,平均气温30.8℃。年降水量为946mm。全年无霜期252d,年平均日照2318h	地处亚热带高原暖湿—温湿季风气候区。夏季受印度洋西南季风影响,冬季受东北季风影响。最热月为5月或7月,平均最高气温31.6℃,年降雨量941.8mm,年蒸发量2216mm	属南亚热带季风干燥气候。年平均气温22.0℃,最热月(5月)平均气温27.1℃,极端气温42℃,最冷月(12月)平均气温14.9℃。降雨集中于5~10月,冬春少雨。年均降雨量611mm,蒸发量3311mm。降雨少、蒸发大,相对湿度低,干旱严重	为云南“三大火炉”之首。极端气温42.3℃,年平均最高气温30.6℃,最热月(5月或4月)平均最高气温35℃。年降雨量796.4mm,年蒸发量2592.7mm。气候干燥,偶有暴雨,地处哀牢山东坡,具焚风效应

续表 4-1

自然环境	石林	陆良彩色沙林	元谋土林	元江彩色石林
水系	属南盘江流域。主要河流是巴江，大可河为其下游支流。南盘江为流经石林县北部的河流。普拉河为其东南缘的过境河流	属南盘江流域。南盘江干流自北向南流经陆良盆地，沿途接纳支流板桥河、杜公河、永清河、麦子河、阿油铺河等。景区内西冲水库	属金沙江水系。金沙江流经元谋县北部。另外，龙川江纵贯南北。土林大多分布在龙川江西侧	属红河—元江水系
土壤	在碳酸盐岩上发育的红色石灰土等岩成土壤。质地较黏重，表层土壤结构良好	红色石灰土和红壤，棕黑色，灰黄色沙土，砂粉土，有机质少，土壤贫瘠，易水土流失	燥红土，土壤贫瘠。肥力低，含有机质少，土壤团粒结构差，易于沙化，由于植被稀少，水土流失严重	砖红壤杂灰黄色粉黏土，土壤层薄，有机质少，土壤贫瘠，易水土流失

资料来源：据吴志亮及各地县志。

4.1.2 区域地质背景

云南省地壳在空间上可划分为五个一级大地构造单元，即扬子地台（滇中、滇东及滇东北地区）、华南褶皱系、松潘—甘孜地槽褶皱系（丽江、香格里拉一带）、兰坪—思茅褶皱系、腾冲—澜沧褶皱系。其中，扬子地台自扬子构造旋回以来，具稳定地块特征，在喜马拉雅构造旋回中，表现为典型的断块活动，形成盆地、高原地貌，其他几个单元都表现出强烈的活动性。

滇中林柱状地质景观地处扬子准地台与华南褶皱系交汇的位置，如图 4-2 所示，这两大地质构造单元一系列的构造运动，均是影响滇中林柱状地质景观形成的宏观大背景。



图 4-2 滇中林柱状地质景观区域地质(据王宇资料绘制)

- 1—市县；2—圈划范围；3—大地构造单元边界；4—四川台拗；5—康滇地轴；
6—上扬子台褶带；7—江南台隆；8—黔南桂粤褶皱带；
9—右江褶皱带；10—云开褶皱带

4.2 路南石林

路南石林，指的是云南中部石林县石林。石林县原名路南县，后报经国务院批准，改名为石林县，目的是提高路南石林的知名度。但客观上也造成了应用上的不便，易造成概念混淆。由于学术上一般已习惯运用路南石林代表云南这一典型石林，因此，本书仍以“路南石林”，代表现今的石林县石林。另

外,在需要指明行政隶属关系时,用石林县表示。同时,“石林”有时也指林柱状地质景观按岩性划分的一类林柱状地质景观类型。

4.2.1 景区概况

路南石林占地面积 400km^2 ,地处北纬 $24^{\circ}30'\sim 25^{\circ}03'$,东经 $103^{\circ}10'\sim 103^{\circ}40'$ 。位于云南昆明市石林彝族自治县境内,路南盆地西部边缘,距昆明市 79km 。324国道、安石高等级公路、南昆铁路经过,距滇越铁路 20km 。

路南石林景区因高大的石灰岩溶柱呈密集林状,连片出现高达 $20\sim 50\text{m}$ 的石柱群,远望如林,而有石林之称。这里是目前世界上规模最大、高原喀斯特品种较全的珍贵地质遗产。发育面积广,演化历史长而复杂,汇聚了岩溶地质景观的典型形态,奇特而多样,沉积层中保存了大量的古人类化石和石器。

路南石林景区内碳酸盐岩出露面积 900 多平方千米,其中石林分布区面积近 400km^2 ,并集中分布于石林镇、路南邑乡、北大村乡、维则乡、西街口乡和板桥乡。其中石林风景名胜区面积约 2.7 余万公顷,景区由大、小石林、乃古石林、大叠水、长湖、月湖、芝云洞、奇风洞 7 个风景片区组成。石林由众多的石柱组成,形状千姿百态,有的奇石拔地而起,独立成景,参差峥嵘,千姿百态,巧夺天工;有的纵横交错,连成一片,占地数十亩。乃古石林为黑色岩体形态景观,芝云洞、奇风洞为地下溶洞景观,长湖、月湖为湖泊景观,大叠水为瀑布景观。

路南石林的主要游览区——李子箐石林,面积约 12km^2 ,游览面积约 8万m^2 。主要由石林湖、大石林、小石林和李子园几个部分组成,游路 5000 多米,是石林景区内单体最大,也是最集中、最美的一处。景区内石柱、石壁、石峰千姿百态,争奇竞丽,有的石柱高达 $40\sim 50\text{m}$ 。

外石林主要指位于大、小石林之外的周围风景区。这片风景区方圆数十里。在野岭荒山,鲜花绿树丛中,又有许多奇峰怪石点缀其间。这些异石个体庞大,形象生动,加上周围环境生机勃勃,视野也较为开阔,又别有一种情趣和感受。

乃古石林位于“石林”以北 13km 处,也称为新石林或摩寨石林,占地 5000 多亩,新辟游路 6km 多。与“石林”相比,这里又是另外一种特色和风格。进入乃古石林,只见黑森森的一片怪石如大海怒涛冲天而起,气势磅礴,又像壁垒森严的古代战场,令人思绪万千。景区内还有神奇瑰丽的地下溶洞,人们称之为地下天宫或水晶宫,属地下岩溶地貌。乃古石林有别于其他片区,“乃古”当地民族话意为“黑色”,主要原因是含有碳酸镁,故呈现黑色。岩石较为坚硬,溶蚀慢,看起来整体性更强,雄浑大气。

石林世界地质公园除了石林地貌外,还发育有其他喀斯特地貌,如石芽原野、溶蚀洼地、溶蚀湖、漏斗、溶洞、暗河、天生桥、瀑布等,它们与石林一起构成了一幅喀斯特地貌全景图,是研究喀斯特地质研究的理想之所,具有重要的美学价值、科学价值,旅游特色突出。

石林建园已有 70 多年,作为喀斯特地貌的精华,以类型多,形态奇特、成因复杂、发育历史久远、面积广、岩柱高、小尺度造型见长、一定范围内景点集中为特征,是世界上唯一能以石林发育遗迹系列展现地球演化历史的喀斯特地貌区,素有石林博物馆之称。

“阿诗玛”的美丽传说、绚丽多彩的撒尼刺绣、古老神奇的“火把节”、热烈欢快的撒尼歌舞、大量的古人类化石和石器、6000 年以前彝族的摩崖象形文化,使石林的自然景观与人文景观交相辉映,令人陶醉其间,难以忘怀。

4.2.2 景观特征

卢耀如认为路南石林属开阔性溶蚀岩溶类型下的分类型——

石林溶洼型(K1)。因而溶蚀的柱石林立,柱石间有大小不一的纵横溶沟溶槽群,石林间有漏斗,洼地,低洼地带聚集水流而成湖,如石林长湖。高度不一的岩柱,景观的分布也有差异。在石林景区中汇水面积较大的浅碟形洼地有利于高大岩柱(20~30m)的形成,平缓的斜坡可形成中等高度的岩柱(几米至十余米),红土高原剥蚀面上则多形成石芽式石林(1~5m)高。

在石林阶段性景观形态变化图中,如图4-3所示,左侧的平滑面,为溶蚀层面;层面上尚有溶蚀裂隙,沿溶蚀裂隙进一步溶蚀成沟、槽形态,即为溶沟溶槽;图中间部分,溶蚀程度加深,溶沟溶槽的深度较大,碳酸盐岩凸出的部分为溶蚀后残留的岩体,呈齿状和脊状,称为石芽,高度一般小于5m,分布广泛,发育层位较多;图中右侧为一个溶蚀残留的石柱。

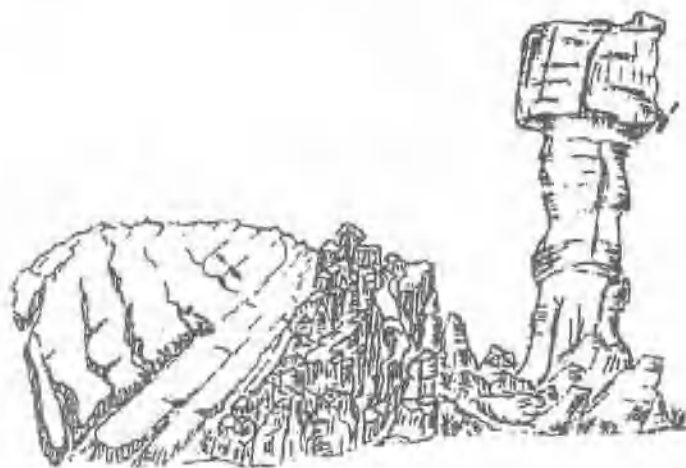


图4-3 石林阶段性景观形态变化(据卢耀如资料)

石林景观形态从大类来看,可分为三大类。即剑状、塔状、草状喀斯特,见表4-2,也有不规则状石林和棒状石林。

表 4-2 路南石林三大类景观形态特征

石林主要景观形态类型	形态特征	成因分析
剑状石林	剑状石林事实是尖锐状、刃脊状、尖锥状石柱、石墙、石芽的组合，是溶痕发育的一种极端形式。 剑状石林表面有各种溶痕、溶沟、溶蚀与溶窝，溶蚀是生物屑和鲕状灰岩，经溶蚀作用于鲕粒结构而成的细小麻点。 溶窝则是在石柱顶部被下渗水流或雨水淋蚀后形成的盘状小窝。 溶痕是在柱体表面留下的雨水击打的痕迹或溶蚀痕迹，一般有上下分层的溶痕差异，上部为垂直溶痕，下部则为水平溶痕，反映了上下溶蚀和地表溶蚀对碳酸盐岩作用的主导方向。有些溶沟发育在直径达 2m 的垂直圆桶形石柱上，称之为圆桶状溶槽。	构造运动改造和生物作用配合，在土下或地表形成，又遭地表水和雨水作用改造。剑状石林一般分布在单层厚度大于 5m 的灰岩与白云岩中，岩层要有一定厚度，是其形成的一个重要条件。
塔状石林	石林柱体呈叠层塔状或呈串珠状，可有几层至十多层叠置。	这类形体的形成主要是水流沿岩层垂向节理溶蚀形成石柱，同时又沿横向层理溶蚀，便成可彼此分离的叠层。
蘑菇状石林	蘑菇状石林也称蘑菇状石林，为上粗下细的石柱组合体，由于容易倒塌，此类石林保留较少。	发育地层多是上部单层厚度较大，下部单层厚度较薄的石灰岩层，二者裂隙网密度不同，导致溶蚀作用、风化作用强度不同，下层较快溶蚀或风化，上层较慢，因而形成上宽下窄的蘑菇状岩柱。

剑状喀斯特是石林发育的最主要形态。剑状喀斯特是一描述喀斯特景观形态、发育条件、发育机制及相关水文过程的专门术语，专门指热带或亚热带或温带气候区具剑状特点的林柱状景观的碳酸盐岩。

石林地区大部分为剑状石林,塔状石林较少。石林东北20km有一灵芝林,岩柱多呈上大下小的蘑菇状。成景地层为白云岩,其下部岩层薄且含有较多的硅质,物理风化较强。这里的岩柱比路南石林一般要高5~10m,最高的岩柱可达35~40m。有些柱体表面还有海洋生物特征的古化石。

石林柱体形态高大,柱体表面有溶沟。从数厘米到数米,最深可达十余米以上(称深溶沟)。其形态受岩石节理裂隙控制,呈平行状、树枝状、格子状等。柱体表面还可见化石,显示出海相沉积的特征。石芽为柱体发育的初级阶段,是岩溶区平缓岩层斜坡地上常见的一种地貌,似植物生长的芽状突起,故称石芽。其高度从几厘米至几十厘米至一二米,有的高十余米以上。习惯上,一般将低于5m的称石芽,高于5m以上的按形态称石柱、石峰、石林等。密集成群裸露于地表的称为石芽原野。其形态受岩性及构造裂隙控制,呈尖脊状、尖刀状或棋盘状。

林柱状景观往往与负地形组合后,形成了一些地貌组合,如石林洼地、石林槽谷、石林岭脊、石林坡地等。

石林洼地为典型的剑状石林与溶蚀构造洼地的组合。属这一组合类型的石林片区有大、小石林、清水塘石林、双尖山石林。林柱体彼此分割较好,呈窝状和簇状分布,尤其在洼地中心,石柱高大,出露好,受棋盘式节理控制,在区域上表现为负地形。如果石林发育在构造溶蚀槽(谷)地,这类组合称之为石林槽(谷),分布在大箐、猪槽箐、乃古石林的部分地段。石柱高度5~25m,而构造溶蚀槽(谷)多沿断裂、节理等线性构造发育。

石林发育在山原面和长条形丘陵顶部,称之为石林岭脊。如清水塘高石头石林、文笔山南侧石林、大箐坡至六阴塘石林、老黄山石林等。这类石林一般沿山脊分布,呈屏风状或城墙状。高度在几米至20多米不等。柱体呈剑状、蘑菇状、塔状和棒状,形态多样。

石林发育在斜坡地带,称之为石林坡地。如黑石头村、豹子洞石林、阿玉林石林。高度一般在几米至十多米,少数大于

20m。较少有高太石柱体组合或大石芽。柱体基部为灰岩, 或为红色黏土层, 耕作地或其他碎屑物。在一些坡地的沟槽处有冲蚀出的太石芽、石柱, 出露高度在几米至十多米。

石林发育在盆地, 组合类型称为石林盆地。石柱体稀疏地分布在较广阔的低洼盆地, 形态单一, 柱体表面缺少溶痕。如石林火车站、黑箐头(中国石林, 梁永宁等)。

岩丘多为不规则多边形构造溶丘, 如果石林发育在岩丘之上, 称之为石林岩丘的组合。石柱分布于岩丘顶部和斜坡, 石柱为板状、不规则状、棒状, 少有剑状。石柱高度在几米至10多米之间。岩丘顶部的石柱体表面有溶痕。部分岩丘仅有几株残余石柱, 称为石林残丘。

石林汇聚了早二叠世至第四纪的各期石林的发育形态, 由于发育时代、发育周期、发育地层、古地貌、构造运动、古气候、水文等条件的差异, 因而石林形态表现出多样性、复杂性, 也是典型地质历史演变的反映。加之, 不同的石林形态有不同的出露部位、不同的海拔高度、不同的地貌组合形态, 使石林景观更具丰富性。但以二叠系茅口组和栖霞组地层发育最为典型。

4.2.3 地层岩性

石林岩溶发育的地层主要是下二叠统的栖霞组和茅口组, 如图4-4所示。下二叠统栖霞组下段(P_1q^1)为中厚层、巨厚层白云岩, 砂屑, 生物屑灰岩和夹白云质、硅质团块, 厚度50~80m。栖霞组上段(P_1q^2)为厚层, 巨厚层虎斑生物碎屑灰岩夹白云岩, 厚度35~40m, 虎斑呈条带和密集状。茅口组下段(P_1m^1)厚层至巨厚层的生物碎屑灰岩夹小虎斑白云质灰岩为主, 顶部以含丰富化石的灰岩为标志。厚度60~97m。茅口组上段(P_1m^2)以薄—中厚层生物碎屑灰岩为主, 厚度220m左右, 但变化极大。这两组地层属有3亿年地质历史的古生代二叠纪灰岩($CaCO_3$), 质纯、层厚、产状平缓。两个地层组成分纯一, 是石林形成和发育极有利的物质基础, 不同厚度和成分的岩性组合是石林形态各

异的成景因素。大小石林发育在下二叠统茅口组，而北部乃古石林(8km²)则发育在栖霞组。

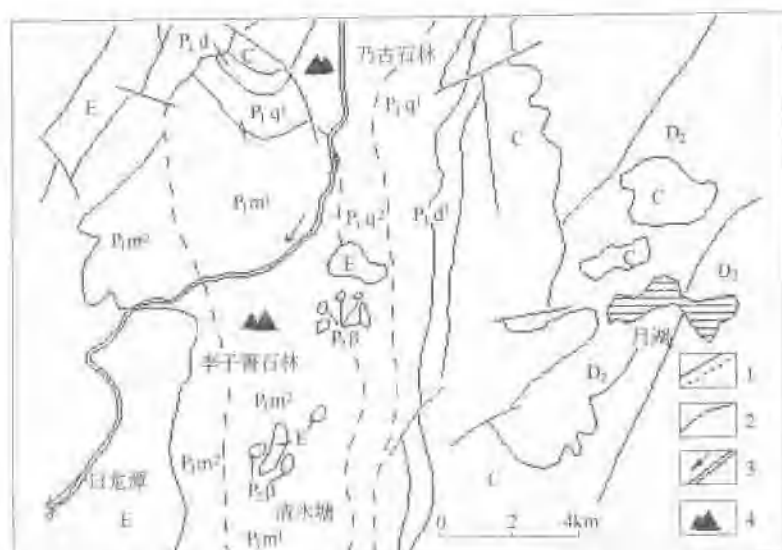


图 4-4 路南石林主要地层

1—地层界线；2—断层线；3—河流；4—石林

E—第三系；P₂β—峨眉山组玄武岩；P₁m—下二叠统茅口灰岩；P₁q—下二叠统栖霞白云岩；P₁d—下二叠统碎屑岩；C—石炭系碳酸盐；D₂—中泥盆统白云岩；D₃—上泥盆统碳酸盐岩

形成石林的碳酸盐岩多呈夹层并受到变质及剧烈褶皱，上泥盆至下二叠统厚 4000m 以上，碳酸盐岩主要层组类型为单一型和互层型。当岩层之间在厚度、岩性等方面有差异时，则使岩柱的形态呈多样性，形成如“万年灵芝”般的蘑菇状岩柱。在质纯、产状水平的全碳酸钙地层区，石林成片分布，发育良好。碳酸钙与非碳酸钙互层交替出现的地方，呈带状分布。在非碳酸钙为主，间有少许碳酸钙出露的地方，柱体呈孤立的带状或零星分布。若含有较多不溶解物质，如 SiO₂，会降低岩石的溶解度，

发育受限制。

4.2.4 构造

石林地处扬子准地台和华南褶皱系两大构造单元的交汇地带。印支运动和喜山运动是全区最重要的构造运动。受这两大构造单元的控制,影响到了碳酸盐岩的分布,使不同区域的碳酸盐岩具有不同的沉积特征,对岩溶型林柱状地质景观的发育有着重要影响。

从区域层次看,石林位于牛头山复式背斜之西南倾伏端的西南隅与路南断拗盆地间。断层构造主要有西部的区域性九乡—石硐口冲断层和站屯冲断裂等。断层走向北北东,倾向西,倾角 50° 以上。这一断层对路南古盆的形成和石林地区地势变化具有明显的控制作用,也对下伏石林发育地层栖霞组、茅口组的保存与石林发育有直接的影响。

石林地处路南盆地,是海相沉积盆地,并受云南区域构造抬升、云贵高原形成的影响,反映了自早二叠世晚期以来的完整地质历史。石林断裂构造发育,西部加里东构造层、东部及南东部海西构造层第一亚层中断裂最为突出,各断裂构造在喜马拉雅运动时期活动方式有所变化,主干断裂具左旋走滑性质。

与石林现代地貌形成有关的区域构造运动主要有海西运动、印支运动和燕山运动、喜马拉雅山运动。约在2亿7千万前,石林地区还是一片汪洋,构成石林物质基础的巨厚石灰岩还位于海底,海西运动使本区随滇中台地上升为陆。早二叠世末期,石林地区属牛头山古陆的边缘,南部泸西等海域的岸上边缘,有利于沉积的下二叠统灰岩发育成石林。自晚二叠世始,本区处于隆起状态,该区长期夷平风化,直至早第三纪始新世的喜马拉雅山运动造成的断块运动,形成断陷盆地;中上新世本区上升成高原。新构造运动表现为中、上新世高原化过程。石硐口—九乡的断裂活动,使西盘上升,东盘下降,对石林发育并使原发育石林得以保存,新构造运动期间地壳的间歇式抬升,形成了多级阶地,并

在不同的海拔高度形成了多层溶洞，也使石林和石芽出现在不同高度的层位中。在石林岩层面上可见水位变动与地球抬升运动的遗迹展现于石柱体上。漫长地质历史时期一系列的复杂地壳运动，对形成复杂而多样的石林地貌具有重要意义。

4.2.5 形成发育过程

石林的形成年代争论较多，有老第三纪、晚第三纪、第四纪及二叠纪的不同看法。有的学者根据地层、古地理环境分析，认为石林主要是在早第三纪的始新世和渐新世早期形成；有人根据洞穴和地表碳酸钙沉积物年代分析，认为石林主要形成时期在早、中更新世；也有人根据溶蚀量计算，认为石林主要形成时期是距今20万~1万年。还有人认为，在晚二叠纪玄武岩喷发前，石林地区就已有包括石芽、石柱、洼地等喀斯特的发育。玄武岩和凝灰岩的沉积，使本区裸露的和覆盖的喀斯特同时发育，到第三纪时云南高原的强烈抬升和断陷盆地的形成，使一部分石林和石芽景观再次受到红色沉积的覆盖。第四纪温暖潮湿气候和地壳不断上升的影响，使裸露的石林景观持续发育，被剥露的石林景观又不断受到改造。

石林地区保留有自二叠纪中晚期以来的古石林岩溶，王宇等人认为主要发育时期是前玄武岩期（晚二叠世早期）、前路南古湖期（晚二叠世末期至古新世）、路南古湖期（始新世至渐新世）、高原—巴江河谷期（中新世至更新世）。各发育阶段因具有不同的古气候环境，形成形态各异的景观。

梁永宁等人认为，石林的发育始于2亿5千万前的早二叠世晚期，受东吴运动影响，路南石林地区从海洋环境上升为陆，下二叠统茅口组（ P_1m ）灰岩经地表溶蚀形成了最早一期石林（石芽）。晚二叠世陆相峨眉山玄武岩喷溢，覆盖了早期石林。随后该区长期处于缓升夷平剥蚀状态。至新生代古新世，玄武岩盖层大部分被剥蚀，茅口组、栖霞组以及石炭系和泥盆系碳酸盐岩逐渐露，使发育石林的地层层位增多，土下溶蚀与地表改造使溶

痕加深加宽,石芽不断出露地表,石柱高度不断增加。始新世晚期,断块运动使路南石林地区产生差异升降(掀升运动),造就山间盆地并汇入形成路南古湖。湖内沉积了老第三系路南组碎屑岩和碳酸盐岩,同时加速了湖周早期碳酸盐岩的石林喀斯特进程。渐新世晚期,路南古湖湖心南移并最后消失。受青藏高原隆升影响,路南地区自中新世至第四纪逐渐上升至现今高原海拔。在此期间,形成了以巴江河谷为侵蚀基底,溶蚀发育新生石林和剥蚀改造早期石林的地貌格局。

石林申报世界地质公园的文本,有关石林发育演化史有以下概括:

2.70 亿年前的早二叠世,石林地区为海洋环境。海底沉积形成了厚层灰岩。随后地壳运动使石林地区逐渐上升成为陆地。石灰岩受挤压,形成两组裂隙。

2.50 亿年前的早二叠世末期,石林地区为低海拔环境,石灰岩中发育了最早期的石林地貌。

2.40 亿年前的晚二叠世早期,火山作用形成的玄武岩覆盖了石林地区并一直持续到中生代。

0.65 亿年前的中生代末期,玄武岩大部分被剥蚀,一些早期石林再次出露地表。

0.50~0.20 亿年前的早第三纪始新世—渐新世,掀斜抬升使石林地区西侧成为古湖。部分石林再次被湖泊沉积物覆盖,同时,湖周又有新的石林发育。

0.20 亿年前的晚第三纪中新世以来,古湖消失,石林地区逐渐向高原盆地演化,同时发育了最新一期的石林。以上描述指出了较为具体的地质年代和地质活动过程。

结合上述石林地质演变阶段,可把石林景观发育过程,划分为幼年期、青年期、壮年期到老年期四个阶段。这4个岩溶发育阶段又称岩溶旋回。景观形态遵循常态山→峰丛→峰林→石林→溶丘→溶盆→溶蚀湖→漏斗(落水洞)→洞穴(暗河)演化过程。最先发育的岩溶形态为峰丛地貌,后期继续溶蚀,“鞍部”消失,发

育成峰林；再后来，地势低洼处发育成溶盆、溶丘，高地势处则为石林、石芽；溶蚀湖泊为地表演化的最后形态。幼年期岩溶阶段在地面出现溶沟、石芽及溶斗，有较完整的地表河系；青年期岩溶阶段各类岩溶地貌景观发育；壮年期岩溶阶段，在地面有大量溶蚀洼地、溶蚀谷地、峰林。云南石林均为幼年期和壮年期岩溶地貌景观。

总之，与世界其他地方的石林相比，路南石林自早二叠世起的多阶段、复杂演化历史是无可比拟的，这是路南石林的显著而独特地质、地貌意义。

4.2.6 成景作用

垂直节理的控制作用、适宜的气候条件、化学溶蚀作用在石林的成景过程中扮演了重要的角色。

4.2.6.1 垂直节理的控制作用

路南石林的发育，在断裂、节理的控制之下。石林碳酸盐岩地层中节理，基本上是倾角在 $85^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 之间的垂直型节理。栖霞组、茅口组地层中的石柱组合，石柱体形态与走向 $330^{\circ} \sim 340^{\circ}$ 、 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 两组节理有关，石柱的展布方向为北西—南东向。另外，节理的疏密对石林形态发育有影响，厚层与巨厚层灰岩、白云质灰岩中的节理较稀疏，石柱常形成典型的剑状石柱和尖棱状石柱，薄层、中厚层灰岩互层的岩性段，则为塔状、蘑菇状柱体形态。而上部的中薄层灰岩也可形成其他形态，如莲花峰。

在石林地区晚古生代碳酸盐岩中构造节理也发育，泥盆系主要发育 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 及 $280^{\circ} \sim 300^{\circ}$ 两组裂隙；石炭系中发育 $320^{\circ} \sim 330^{\circ}$ 、 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 及东西向三组裂隙；二叠系中发育 $300^{\circ} \sim 340^{\circ}$ 及 $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 两组裂隙，裂隙开阔且延伸远，为一组区域性构造裂隙。泥盆系、二叠系中构造裂隙均较石炭系发育，尤以二叠系中最为发育。经后期多次构造运动的作用，构造裂隙系统均得以继承和改造发展，连通性得以加强，开放程度逐渐增大，为地表水的下渗、地下水的运移、贮存等提供了有利的空间条件。

4.2.6.2 气候环境的影响

石林形成时的老第三纪是一个干旱、湿润交替的热带气候,新第三纪为低海拔的热带环境,第四纪后云南高原掀斜抬升,脱离热带环境,演变为中亚热带季风气候,石林向老年期发展。石林自晚古生代以来,经历了海洋环境(早二叠世)、海陆交互环境(晚二叠世)、隆升夷平过程(中生代到古新世)、炎热干燥的内陆山间盆地和湖泊环境(始新世到渐新世)、炎热湿润的热带、亚热带山地环境,直到现今的亚热带干湿季风高原环境。

石林为代表的华南热带与亚热带喀斯特地质景观与北方以喀斯特泉和干谷为代表的温带喀斯特,由于气候条件的不同,在景观形态、发育演化的速度和过程均有明显的不同。李玉辉认为玄武岩覆盖的晚二叠世、行星风系下的副热带干旱半干旱气候为主的中生代至早第三纪早期,是有利于石林形态保存的时期。正是不同古环境下的古岩溶发育与保存条件的差异性的相互协调,才有了石林岩溶景观的多样化,使云南石林保存了自早二叠世末期以来所发育的各个时期的石林岩溶基本特征,是石林美学价值的基础。

4.2.6.3 化学溶蚀作用

在石林演化与发育(如图4-5所示)图中可看出,无论土下溶蚀还是地表溶蚀,均是石林形成的重要作用。

石林的水流除常规的侵蚀作用外,还叠加了化学溶蚀作用,双重作用下,坚硬的岩石也被水流这“软刀子”雕蚀得千姿百态。溶蚀作用是石林型林柱状地质景观形成的主要外力作用。溶蚀作用可发生在土下和地表。

耿宏等人认为土下溶蚀比地表溶蚀更强,产生石林的土下溶蚀至少达到100m深度,其出露部分一般表现为石芽喀斯特。典型的土下溶蚀形成的“光滑龙芽和溶沟”,其相对高差可达5m,经过主节理的加深、加宽,石芽高度可增至10~30多米不等,发育成典型石林。

溶蚀作用使石林岩柱上多见3~4道水平边槽、穿透的小孔

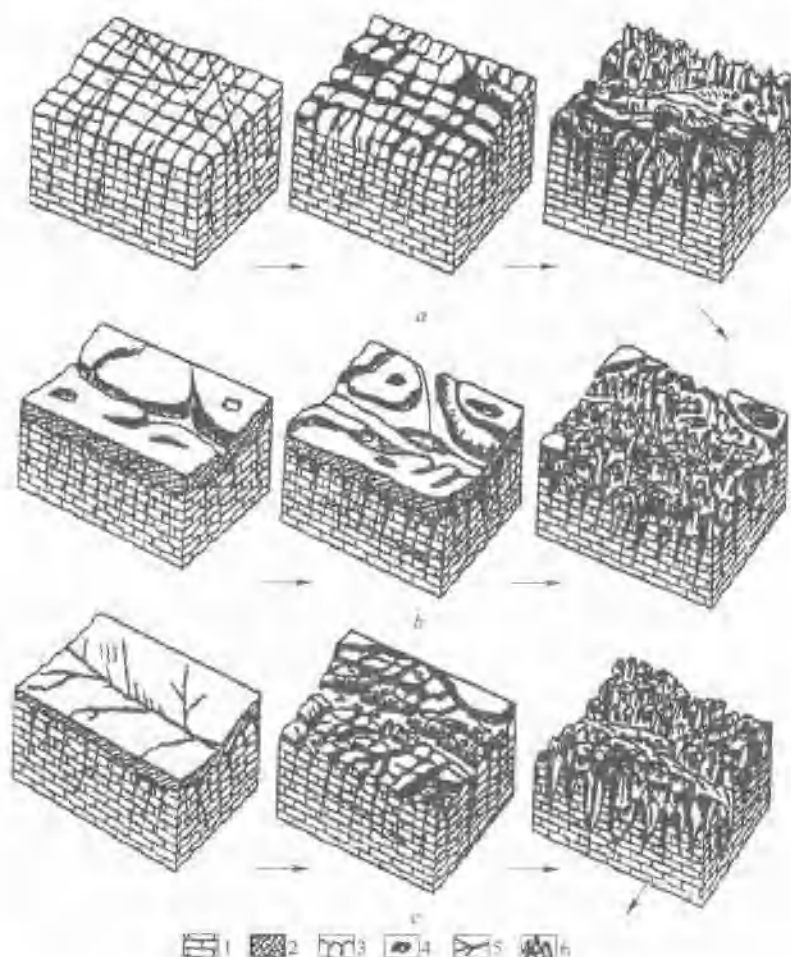


图 4-5 石林的演化与发育(据卢耀如资料)

a—碳酸盐岩直接裸露状态下发育过程; b—碳酸盐岩埋伏状态下发育过程;

c—碳酸盐岩埋伏-裸露状态下发育过程

1—碳酸盐岩; 2—非碳酸盐岩; 3—溶蚀裂隙; 4—岩溶漏斗;

5—溶蚀通道; 6—林柱地貌

洞和浑圆的波痕状岩壁, 均是土壤覆盖条件下富含 CO_2 的渗流水溶蚀作用的结果。尖削的岩柱顶部和其上的深溶痕则是出露地

表后经受大气降水的地表溶蚀作用改造而成的，是地表溶蚀的证据。

溶蚀作用又可称岩溶作用，它的主要化学作用过程是通过易溶性岩石与二氧化碳的作用完成。从化学反应看，主要是碳酸化溶解，发生在含碳酸钙的地区，如白云岩和石灰岩地区。二氧化碳在化学分解中有特别大的作用，降水与溶解的二氧化碳形成弱碳酸环境。碳酸钙与弱酸发生反应，形成重碳酸钙或碳酸氢钙，这些物质可通过渗滤水而流失。

易溶性岩石主要指碳酸盐岩类的石灰岩、白云岩。流水的溶蚀能力，主要取决于侵蚀性 CO_2 的含量。其含量愈高，碳酸盐类岩石的溶解度也愈增高：



由于碳酸对石灰岩发生作用，产生了易溶于水的重碳酸钙 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，重碳酸钙常呈 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 离子形式溶于水，并随水而流失迁移。当然，条件一改变，也可以产生逆反应，重新沉淀形成 CaCO_3 。在这一反应式中，正反应速度取决于 CO_2 的浓度，即水中 CO_2 含量愈高，水的溶蚀能力就愈大。逆反应的速度取决于 Ca^{2+} 的浓度，水中 Ca^{2+} 含量愈高，水的溶蚀能力就降低。由于 CO_2 来自于大气和土壤表层，可以源源不断地得到补充，所以在整个过程中，流水溶解带走的 CaCO_3 多于重新沉淀的 CaCO_3 ，这一结果，在石灰岩中形成了许多空间，并不断扩大，由于流水接触面积扩大，又更加促进了岩溶的发展。

石灰岩的溶蚀作用的强弱，受制于二氧化碳(CO_2)的数量，取决于大气中二氧化碳、土壤及地下水中二氧化碳的含量。据爱尔兰西部 Burren 地区的测定，一般而言，1万年的时间，在裸露的地表，石灰岩溶蚀速率为 8cm，土壤下为 10cm，再下为 22cm，相当于 1 万年平均速率为 15cm 或 1 年 0.0152mm。

影响溶蚀作用的主要因素主要有以下几方面:

溶蚀作用受碳酸盐的分布、水文气候条件和地质构造和地形、地貌共同控制。

从岩性上看,要求分布有大面积厚层二叠系石灰岩,要有可溶的岩石作为溶质,要有以二氧化碳为溶剂的水溶液。

从地质构造上看,受垂直节理发育、断层控制等因素的影响,可使可溶性岩体产生破裂、变形,影响其自身的结构和可溶性,也影响水流的渗透与动力状况。

气候因素对岩溶发育也有制约作用,气候因素主要指降水与气温,可影响可溶性岩的风化,水的性质及水量,以及二氧化碳等溶剂的生成条件,影响水的溶蚀能力。

溶蚀作用强烈区一般是湿热且降雨丰富的地区,如亚热带湿润气候环境,这里水文气候条件适合岩溶景观发育,气候炎热,雨量充沛,降雨量大于蒸发量,经历了漫长历史时期的高温多雨气候及异常丰富的地下水作用后,逐渐溶蚀而发育成巨大石柱与深切石沟相间的喀斯特地貌。

生物因素,如微生物、菌类、藻类、植物与动物的生命活动及其死亡机体的分解作用,对溶蚀作用也有一定影响。如腐生菌可把构成它们食物的有机质分解成水和碳酸,溶解石灰岩,破坏云母和长石,使石灰岩的溶蚀作用加速。植物的根系常可沿缝隙深入石灰岩内部,扩大缝隙,加速岩石的崩解、破碎。石林地区常见的植物生长就有类似作用。此外,穴居动物的居住,增加了岩石与大气的接触面和纵深面,也不可避免引起岩石的破坏。

人类使用化石燃料、砍伐森林及酸雨的发生,增加了 CO_2 水平,可能加速了石灰岩的溶蚀。

石林岩性特点十分适合溶蚀作用的进行,岩层为很纯的、低孔隙度(1%~2%)的灰岩和晶质灰岩,致密厚层,产状平缓,节理和裂隙发育,有充足的水与较好的流通条件,作用时间足够长。

4.3 陆良彩色沙林

4.3.1 景区概况

陆良彩色沙林位于陆良县西冲水库与白草地水库间的薛官堡，居县城东南约 18km，面积约 6km² 左右；在陆良盆地南东的山地支沟内。陆良县平均海拔 1956.1~1980.3m。东邻罗平，西靠宜良，南接石林、师宗，北连曲靖、马龙。距昆明市 136km，距石林 38km，交通十分便利。

陆良彩色沙林是以砂为主体的胶结松散的地质体。彩色沙林位于陆良县城中枢镇东南 18km 的汤官箐乡，占地 6km²，南靠国家级森林公园五峰山，北接陆良盆地。处于五峰山向盆地边缘延伸的山麓地带，整体上是冲积、湖积作用形成的扇形台地，由第三系冲积扇相与湖泊相构成沉积地层。现在依稀可见台地顶部较平坦，由南向北从山麓向陆良盆地缓倾，坡度角约 4°~6°。景区包括彩色沙林游览区、沙林背靠的方圆 25km² 的国家级森林公园五峰山、道教圣地终南山等。

陆良彩色沙林为砂页岩碎屑物盖于湖积台地上，具洪积物特征的上新统地层所组成的台地自山麓向盆地中倾斜，山麓附近山沟发育，易冲刷台地形成土柱。

彩色沙林原是一片挖沙、卖沙之地，与旅游沾不上边。1986 年发现极具旅游价值后，积极进行保护和开发。

经过近 20 年的发展，陆良彩色沙林现已发展成为国家 4A 级旅游区，已有“墨王出征”、“书生看榜”、“桃园结义”等景点 108 处。除沙体本身的多彩特征外，加之沙林的春、夏、秋、冬和一天的早、午、晚不同季节不同时刻，会产生不同的色调变幻。特别是黑、白、青色彩的变化，远观近看都犹如一幅幅的丹青国画，故有“彩色沙林”之称。

彩色沙林不仅自然景观有特色，人文旅游也有优势，主要有

由 60 块碑林组成的《推背图》、由 36 个洞穴组成的“三十六计”洞穴迷宫、爨史浮雕、爨府玄门、彝家寨门、孟获寨门、孟获王府、南蛮乾门等景点。彩色沙林附近有国家重点文物保护的爨龙颜碑。自然景观与历史文化遗存相互辉映。特别是连续举办了四届国际彩色沙雕节，旅游知名度大增，使沙林更具深厚的文化底蕴。

陆良彩色沙林配套景点丰富，自然景观奇特，民族文化古老，全县以“二林一爨”(彩色沙林、五峰山国家级森林公园、爨龙颜碑)风景名胜区的核心，共有两大类、47 个自然景观。在沙林附近方圆不到 5km^2 内就有一林(国家级五峰山原始森林公园)、一洞(石鱼溶洞)、二山(终南山、五峰山)、二庙(道教圣地终南山、佛教圣地五峰山庙宇)、三潭(营盘山温泉、石鱼龙潭、如意龙潭)、六湖(终南山湖、南冲湖、西冲湖、大闸湖、雨寺庙湖、五峰山湖)等自然人文景观。

4.3.2 景观特征

陆良彩色沙林的景观形态如图 4-6 所示，沙林造型景观主要为峰林、峰丛、平顶方山陡壁、沙谷三种基本类型。

(1) 峰林、峰丛、峰柱是陆良彩色沙林的最基本的造型景观类型。

(2) 平顶方山陡壁、彩屏则是陆良彩色沙林的基本造型景观类型。又是沙林造型景观类型单元区划的边界。

(3) 沙谷是陆良彩色沙林的基本造型景观类型。沙谷两侧构成挺拔、宏大的沙屏、陡壁景观类型。

另外以陆良彩色沙林地形图(1:2000)为基础，绘制了陆良彩色沙林的三维形态图，如图 4-7 所示。

从图 4-7 可看出，沙林台地较为平坦，在流水不断切割之下，台地分离，林柱逐步形成。其中 Y 形沟谷与切割后留下的台地清晰可见，林柱体事实上就是这些台地经切割后的蚀余体。

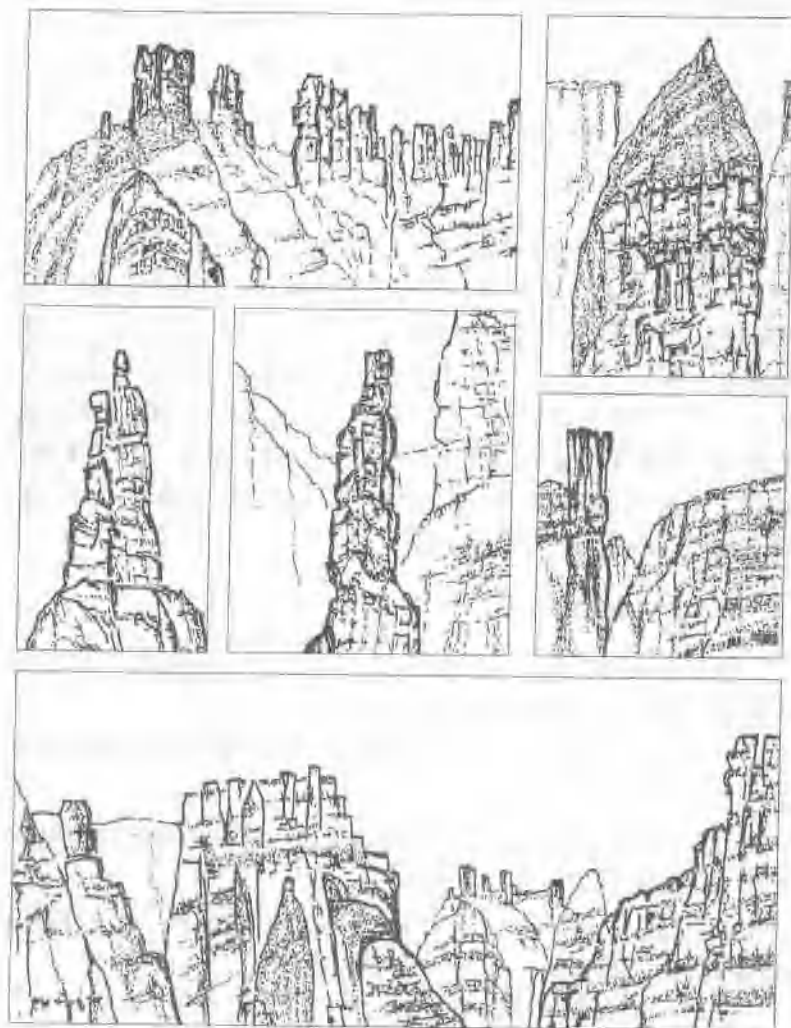


图 4-6 陆良彩色沙林的景观形态

- 1—峰林受岩性制约，上层(顶部)呈分割的台柱状；2—峰柱；
3—台柱状峰柱；4—锥状峰柱；5—沙屏及台柱状沙柱；
6—受岩性与构造的制约呈现平整方山及沙屏、峰柱

1	4
2	5
6	



图 4-7 陆良彩色沙林的三维形态

4.3.3 地层岩性

据陆良彩色沙林的地形地质分析,如图 4-8 所示,彩色沙林的成景岩层是第三系上新统茨营组,为一套滨湖相沉积沙砾地层,胶结物为泥质,由于形成时间较短,不到 320 万年,还未完全成为岩石,处于松散一半固结状态。形成沙林的茨营组地层与其下的早元古代牛头山组,与其上的第四系地层,均呈角度不整合接触。两个不整合面反映沙林地区远古时期曾经是一片汪洋,后来上升为陆地,遭受风化剥蚀,大约在距今 320 万年时期又下降变成一片汪洋,大约距今 200 万年时期又变为陆地,一直延续至今。

陆良彩色沙林的成景地层,以彩云壁为典型剖面。该剖面出露有上第三系上新统(N₂)和第四系(Q)的砂砾层,呈半固结状态,基底岩层为中新统(N₁)地层,固结程度较高,主要是已坚硬成岩的土黄色粉砂岩,砂岩和砂砾岩。上、中新统之间,第三系与第四系之间均为角度不整合接触关系。这几套地层共同构成



图 4-8 陆良彩色沙林的地形地质图

了彩色沙林的成景物质基础。

4.3.4 构造

陆良地区自距今约8亿年左右的晋宁运动以来,长期隆起为陆,成为该区形成最早的牛头山古陆。古生代时期,牛头山古陆与其西部的滇中古陆间,曾历经海相沉积。燕山运动以来,滇东曲靖地区皆隆升为陆地。新生代,随喜马拉雅运动以来,在滇东的拉张、裂隙作用,牛头山古陆西侧成为小型断陷盆地。距今约248万~320万年的上新世沉积了第三系茨营组滨湖相河流相砂岩粉砂岩、粉砂质泥岩。更新世以来,堆积台地开始剥蚀冲刷淋蚀,全新世距今约1.2万年以来,逐渐形成现今的地质景观。

彩色沙林分布于陆良断陷盆地南部边缘山前缓丘台地区,构造控制明显,如图4-9所示。据图4-9分析,陆良盆地地质构造单元属扬子准地台,位于黔桂地台和昆明拗陷的结合部,在小江深大断裂的东翼,属北东向的新华夏构造体系。由五个主要构造带构成,它们是牛头山复背斜褶皱带、大北山断裂带、陆良盆地拗陷带、杨梅山至召夸的隆起带、龙海山断裂带,构造线方向均为 $NE25^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。东面龙海山断裂明显,西部牛头山断裂在永清



图4-9 陆良邻近地区喜马拉雅阶段古构造图(据李波资料)

河附近,出露不太明显。正是龙海山、牛头山的两个断层制约影响了陆良盆地的生成。

陆良彩色沙林分布于滇东新生代陆良盆地,位于扬子准地台东南部牛头山古陆边缘。自距今约8亿年左右的晋宁运动以来,长期隆起为陆,成为该区形成最早的牛头山古陆。古生代时期,牛头山古陆与其西部的滇中古陆间,曾历经海相沉积。燕山运动以来,滇东曲靖地区皆隆升为陆地。新生代,随喜马拉雅运动以来,在滇东的拉张、裂隙作用,牛头山古陆西侧沦为小型断陷盆地。距今约248万~320万年的上新世沉积了第三系茨营组滨湖相河流相砂岩粉砂岩、粉砂质泥岩。更新世以来,堆积台地开始剥蚀冲刷淋蚀,全新世距今约1.2万年以来,逐渐形成现今的地质景观。

远在燕山运动末期(约7000万年前)的早第三纪以至后续的喜马拉雅构造运动的中新世、上新世、更新世,该地区一直受东西向的挤压应力作用,产生褶皱、断裂、局部拗陷。在距今320万年时期,陆良盆地西侧有小江深大断裂切过,东南有师宗—罗平深大断裂切过,这两条断裂错动,在陆良地区产生拉张力,间接控制了陆良盆地的形成,也为整个沙林地貌奠定了基本骨架。

陆良盆地东南缘的龙海山断裂和盆地西北缘的牛头山断裂,直接导致了盆底沉降和盆地西缘的牛头山、东缘的龙海山、南缘的老黑山、五峰山、北缘的竹子山的抬升,构成标准的盆—山构造。陆良地块就是沿龙海山断裂面和盆地西北缘的牛头山断裂面下滑,站在沙林往东眺望,龙海山断裂面像刀削斧劈,从盆地向天空伸出600~800m。

4.3.5 形成发育过程

4.3.5.1 沙林形成三阶段

陆良彩色沙林的形成可分为三阶段:第一阶段,沙体物质来源的形成。可追溯到牛头山古陆形成时期,距今约8亿年左右;第二阶段为沙体(台地)的形成期,距今约248万~320万年的上

新世沉积了第三系茨营组滨湖相、河流相砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩；第三阶段为剥蚀冲刷淋蚀期，更新世以来，堆积台地随地壳运动上升，全新世距今约1.2万年以来，在水流侵蚀作用下逐渐形成现今的林柱地质景观。

A 第一阶段为成景物源地层形成期

彩色沙林的原岩为元古界牛头山组变质岩系列，以石英砂岩、长石砂岩、砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、绢云板岩为主，夹凝灰岩、硅质岩。在彩色沙林周边五峰山上均可见到。这一地层，形成年代久远，约8亿年前随晋宁运动，隆起为牛头山古陆时就已形成。后经古生代的海相沉积、燕山运动隆升为陆，新生代时喜马拉雅运动构造拉张与断裂作用，在牛头山古陆西侧断裂形成陆良盆地。

B 第二阶段为成景地层形成、抬升与台地形成期

构成牛头山古陆的山体在流水作用下，风化剥蚀形成的砂粒，被带往山下陆良盆地边缘，逐步堆积成台地。这一台地约在距今约300万年左右的上新世时，在河流、湖泊的作用下，集中沉积了第三系茨营组砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩。

彩色沙林原岩的固结抬升大约在300万~150万年之间。这一时期，狭长的陆良淡水湖泊消失，并不断抬升。沉积的原始物质在固化成岩过程中产生挤压，变形和物质组分的平衡，并随着地壳的上升运动而不断抬升，形成台地，台地的顶部还保留有夷平面的特征，基本位于同一海拔面上。整个台地呈冲积扇面的形状，除向东西方向缓缓倾斜外，扇面前端南呈单斜状从南部的山麓缓缓向北部的陆良盆地倾斜，坡度角约 5° 。沙林台地的地层为第三系断陷湖泊湖滨相—河流相，约300万年左右，是一向北倾斜的台地。

实地考察发现沙林台地与五峰山有断层相接，断层的性质为正断层，时代为上新世末、第四纪初，沙林台地所在的北盘是断层的上盘，五峰山所在的南盘为下盘，上盘相对下盘下降，使沙林台地与五峰山错开。从地层情况看沙林台地地层向北倾，五峰

山地层向南倾,沙林台地的第四纪地层与下伏地层呈不整合接触关系,但上新世的地层彼此平行,没有缺失,而南盘五峰山地层上新统缺失。

C 第三阶段为台地接受侵蚀期

第四纪全新世侵蚀作用约 1.2 万年,仍在发育中。在滨湖—湖相、河流三角洲相半成岩地层形成的台地基础上,在地壳运动和湖浪、河流侵蚀作用下进一步形成湖积—侵蚀台地,流水等沿台地地层中的构造裂隙侵蚀形成冲沟,冲沟的不断发育切割形成了现在所见的千姿百态的沙柱、沙峰、沙屏、沙壁等聚沙成林的地貌奇观。整个过程持续到现在约有 300 万~400 万年。可以说,更新世以来,一直持续到现在,由于新构造运动强烈,导致台地中解理、裂隙、小断裂相当发育,水流沿节理、裂隙不断的侵蚀、切割,形成现今所见的沙柱、沙峰、沙谷等立体地貌。

4.3.5.2 第三阶段的发育演化

在沙林抬升接受流水侵蚀的第三阶段,沙林景观的形成又可细分为幼年期、壮年期、老年期,现沙林主体处于发育的壮年期。

幼年期:呈现峰芽景观。

壮年期:呈现峰柱、峰林景观。

老年期:呈现坍塌消亡景观。

彩色沙林现以壮年期为主,局部处于老年期,亦有幼年期。彩色沙林中宽大的谷地是老年期坍塌、消亡造成的景观,其两侧的侧向侵蚀作用导致其旁侧峰林景观的坍塌消亡。

各期发展特点如下:

(1) 幼年——细沟期。细水流沿斜坡运动,在起伏不大的同斜缓坡地形条件下,植被稀少,没有大而集中的汇水面,季节性降雨在缓坡上呈面状流动冲刷、侵蚀,称为斜坡面流。初期,在无植被斜坡地段,向下侵蚀形成纹沟、浅沟和少量切沟,侵蚀沟槽。细沟(或纹沟)期是沙林沟谷发育最初期的阶段,深、宽一般

不到 0.5m, 纵剖面与坡面形态基本相同。在地表有较大石块或草丛斜坡, 雨水无法侵蚀其下的土层, 形成帽状保护的柱顶, 其周边为浅沟、切沟环绕, 此时柱体相对矮小。

(2) 壮年——沙柱期。原沉积物形成时代不久, 在地层中形成垂直节理, 使降雨有了容易向下切蚀的缝隙条件。受常年降雨的不间断性淋蚀、冲刷, 雨水沿节理、缝隙向下切蚀, 峰柱“生长”迅速, 形成沟壑交错、巍然屹立、造型多样的峰林地貌。此一时期也是沟谷地貌的切沟、冲沟发育最盛期, 细沟逐渐加深、加宽, 深可达 1~2m, 长数十米以上, 横剖面呈 V 形, 纵剖面与坡面不一致, 下部成凹形。冲沟是沟谷发育的最盛阶段, 此时下切作用强烈, 深数米至百米不等, 长可达数公里至数十公里, 横剖面呈深切 V 形, 纵剖面崎岖不平, 多陡坎和瓯穴。由于流水的下切和拓宽, 在沙林地区可见高达 30~40m 的单个沙柱及较为宽深的沟谷。

(3) 老年——垮塌消亡期。此一时期也属沟谷发育的晚期——拗沟期。由于重力及水土流失的不断加剧, 高大沙柱上端常年在季风作用下, 使峰柱上端侵蚀加快, 柱体变小。此时谷槽扩宽, 纵剖面比较平缓, 横剖面呈宽 U 形。谷底堆积物增厚, 侧蚀作用占主导地位, 沙体底部在沟谷水流不断作用下, 对沙体侧向侵蚀淘空, 使沙柱底部出现悬空, 失去支撑而垮塌。

4.3.6 成景作用

断裂与垂直节理的发育、适宜的气候条件、水流的侵蚀及复杂的呈色作用, 在陆良彩色沙林的成景作用过程中, 扮演了重要的角色。

4.3.6.1 节理作用

在陆良彩色沙林选取了几个节理较为明显的地点, 量测了节理数据, 见表 4-3, 几组主要节理基本反映了节理对沙林形成的影响, 对陆良彩色沙林整个 Y 形沟谷的形成, 及各柱体的侵蚀分割均有明显作用。

表 4-3 沙林节理数据

节理观测点	节理特征
沙沟顶附近	出露两组共轭剪节理, 节理走向分别为 144° 、 72° ; 倾角近直立, 节理延伸约 5~8m
孟获寨附近	出露两组共轭剪节理, 节理产状分别为: 走向 152° , 倾角近直立; 走向 95° , 倾角约 75° , 节理延伸较远
“榜上有名” 附近	出露两组共轭剪节理, 节理走向分别为: 185° 、 92° , 倾角直立, 节理间距 30~50cm
万安溪附近	共轭剪节理产状分别为: 走向 150° , 倾角直立; 走向 74° , 倾角直立。延伸 8~12cm, 节理面平直光滑。发育有次级节理。几组共轭节理, 反映构造应力场最大主应力方向约 120°

4.3.6.2 气候作用

古环境气候适宜沙林发育, 在距今 200 万~320 万年期间, 整个陆良盆地就是一个大湖泊。对沙林的植物化石分析表明, 在距今大约 200 万~320 万年时期温暖湿润、雨量充沛, 温暖湿润的古气候孕育了陆良古湖泊, 湖泊中沉积了沙林成景物质。后地壳抬升, 湖水消退, 沉积台地上升, 沉积台地在长期湿润、温暖的气候条件, 经流水的漫长作用, 才形成了今日之沙林。

4.3.6.3 水流侵蚀作用

水流侵蚀作用是沙林林柱形成的重要动力。水流作用使沙林经历了细沟、切沟、冲沟、坳沟四阶段。

在细沟阶段, 淋溶作用的时间较短、强度较小, 侵蚀形成的小沟深、宽度不及 0.5m, 沟的两坡没有明显的沟缘, 侵蚀后的坡面与原始坡面形态大致相同; 在切沟阶段, 细沟继续发展, 宽度、深度达到 1~2m, 长达数十米以上, 横剖面呈 V 形, 沟缘明显, 原始坡面形态与纵剖面不一致, 下切作用加强, 坡面下部下凹明显; 在冲沟阶段, 在切沟的基础上, 流水进一步侵蚀, 下切作用强烈, 沟谷加速演化, 是沟谷发育最盛期的形态, 深数米至百米不等, 长可达数公里至数十公里, 横剖面呈典型的 V 形峡谷状, 纵剖面与原始剖面形态相差很大, 变得崎岖不平, 起伏

明显,多陡坎和匝穴;在坳沟阶段,沟谷发育晚期的形态,如果侧蚀作用居主导地位,沟谷将展宽,谷底堆积物增厚,纵剖面变得平缓,横剖面呈现U字形的宽槽状。如果下蚀作用继续居主导,沟谷向垂直方向发展,直到潜水面以下,得到地下水的来源后,演变为山间河流。

就这样在流水不断的切割侵蚀的作用下,冲沟逐渐形成和发育,现今沙林的Y形沟谷就长达3km。同时台地解体,林柱也相应形成。彩色沙林有些坡度较陡的地段,水流冲刷强度大,常形成平行于坡面的侵蚀切沟,切割的深度及宽度明显增大,林柱体较为高大,例如“桃园结义”、“书生看榜”景点附近。

4.3.6.4 呈色作用复杂化

陆良彩色沙林的沙粒以白、黄、红为基调,间杂蓝、绿、青、灰、紫、黑等色。彩色沙林色调丰富,具赤、橙、黄、绿、青、黑、白、灰、紫等主色调和过渡色调。游人对彩色沙林五彩缤纷的成因,充满好奇和求知欲。其原因为:

(1) 呈色原因与所含矿质成分有关。当沙体中含有呈色物质时,能显现相应颜色,主要矿质成分的呈色特征见表4-4。

彩色沙林的矿物成分有长石、石英、高岭土、云母、氧化铁等。沙林岩石的沙屑成分主要为无色、灰白色的石英,灰白色、浅肉红色的长石。普遍含有白色、灰色、黑色、浅紫色、银色、淡金褐色的云母片。还有绿色的绿泥石和绿帘石,黑色的角闪石和透辉石、褐黄色的褐铁矿等。这些沙屑通过白色、土黄色、蓝灰色的泥质胶结物胶结在一起而形成沙林地层。

沙林中的黏土矿质,其主要成分是含水硅酸铝,因其物理化学性质和内部结构的不同,可分为蒙脱石、水云母、高岭石等三大类。其中,高岭石类黏土矿质在彩色沙林常见,当地人用来制瓷罐。除黏土矿质以外,三氧化二铁和三氧化二铝也是重要的风化产物之一,这两种物质在夏季气候转热的地区最易生长。这些不同的物质成分,使沙粒呈现不同的颜色。

(2) 与物源地层有联系。物源与成景组对比见表4-4,从表

4-4 中可见成景岩组与物源地层有密切的联系。

表 4-4 彩色沙林的成景岩层与物源

物源与成景组	组名	岩性、成分、颜色	物源与成景组的关系
物源组 (距今 8 亿年)	元古界震旦系下统 牛头山组 (Z ₁ nt)	岩性:按地层剖面可分为三段:第一段(Z₁nt¹)以绢云板岩为主,夹少量粉砂岩及细灰岩。色调以灰、灰绿为主。厚 25.6~520m。第二段(Z₁nt²)以石英砂岩为主,次为细、粉砂岩、硅质岩。色调为灰白色,厚约 580m。第三段(Z₁nt³)有海绿石长石砂岩和粉砂岩、杂色板岩,粉砂岩、硅质岩,绢云板岩,板灰岩等岩类,总厚 389~636m。 成分:绢云母、泥质、长石、硅质岩、长石砂岩、石英砂岩。 颜色:灰白灰、灰紫、灰绿色黄绿、暗紫色、浅红等色可见	物源组与成景组成分相似,色彩基本一致。物源组岩层挤压紧密,褶皱强烈,裂隙发育,易风化破碎。风化物经流水搬运等作用,形成为以成景组岩层为主的台地,在随后的地壳上升、湖水消退、流水侵蚀等一系列作用下,形成现今所见的沙林、沙柱、沟谷等各种正负地貌
成景组 (自 400 万年前 开始 至今)	新生界上新统 茨营组 (N ₂ ⁰)	岩性:砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、细砂岩。 成分:透辉石、斜长石等变质岩的矿物成分:正长石、斜长石、白云母、黑云母、绢云母片、绿帘石、角闪石。 颜色:白色、灰白色、灰绿、灰紫、浅黄色、杂色、黑色、浅紫色、银色、铁金褐色、土黄色、蓝灰色	

表 4-4 中显示,彩色沙林色彩丰富的一个重要原因是物源与环境变迁的共同作用。研究表明,彩色沙林主要成景地层为上新统半固结砂岩层,即茨营组(N₂⁰),为一套半成岩的滨湖相沉积地层,出露厚度大于 40m。砂层色调以白、黄、红为主,掺杂绿、粉红、紫、黑等色调,以半固结的砂岩、泥质粉砂岩为主,局部夹细砂岩,砂粒成分主要有石英、正长石、斜长石、白云母、黑云母、绢云母片、绿泥石、绿帘石、角闪石、透辉石、斜长石,各自以其特有的颜色并集中分布而使砂体呈现出不同的色彩。多彩的砂粒在柱状剖面上常呈下粗上细的粒级韵律变化。

牛头山组(Z_{1nt})为在彩色沙林东南西三面的五峰山、老黑山至召夸地区沉积的元古界昆阳群,是沙林沉积物的来源。母岩元古界昆阳群色彩丰富,岩性单一。沙林沉积物继承了这一特点,石英砂占97%,具有母岩的所有颜色。昆阳群也可分为两段:上段为白色、灰红色细砂岩夹粉砂岩,灰紫、紫红色细粒长石石英砂岩,绿灰色粉砂岩与板岩互层,灰红色、白色粉砂岩与硅质粉砂岩互层,灰白色、黄白色、红黄色细—粗粒长石石英砂岩、粉砂岩,厚约548m;下段为灰白色中粒砂岩—细砂岩—粉砂岩—粉砂质板岩互层,灰白、灰红、黄白、紫色等长石石英砂岩,厚579m。

另外,吴志亮教授认为彩沙主体除主要来自于牛头山组以外,还可能来自于盆地南缘呈长条状分布的中、上泥盆统(D₂₋₃)和石炭系(C)及二叠系(P)等地层侵蚀风化产物,这些地层主要为碳酸盐岩类,显示出沙林物源的多源性结论仍有较强的依据。

(3)与其他次生因素有关。其他后天、局部、次生因素也有影响。如沉积盆地自生矿物的颜色和次生变化色。还有在漫长的沙林地貌的形成与演化过程中,所处的沉积环境,内外力作用、人工活动、气候变化、河水湖水的进退,都可能使颜色多样化。

物质成分差异,杂质元素、微量元素的变化,黏土矿物的吸附性也是色彩形成的关键因素。在显微镜下观察,沙体中除硅质成分为主要构成外,在矿物颗粒之间和矿物解理裂隙中还含铁质、锰质、炭质成分,这些成分呈现黄、红、灰、黑等色。视角及光线强弱、沙体不同矿物元素反射率的不同,使映入眼帘的光色呈现不同。

断裂错动、假层理、角度不整合、重力坍塌堆积等作用。扰乱了原有沙层的规律性分布,产状发生改变。有的彩色沙层错动、变厚、变薄、尖灭,更增添了色彩的丰富性和特殊性。

染色作用:上部深色岩层在坡面水流作用下,能浸染下部浅色岩层。漫流水体携带上部呈色元素/矿物流经下部沙体时叠加了色彩的影响;在一些岩层的表面虽为红色,但内部却呈白色、灰色、黄

色,说明本色岩层经后天染色作用之后,发生了变化。沙林冲沟中常有褐红色的富铁流水,因而周围沙体常被染成褐红色。

生物因素:在岩层表面许多人称之为黑色保护膜的东西,往往是因为雨水之后,喜潮湿环境的地衣、苔藓植物附着而生,后在干季死亡后,呈现黑色状态覆于沙体表面,并不是沙体本身颜色。

概括而言,沙林彩色的形成原因,可分为主导因素和局部因素:

基本的、主导的因素是沉积古地理环境影响下形成的层状、似层状、似韵律状、透镜状等沙体的原始沉积特征。

物质成分差异,特别是沉积物中杂质元素、微量元素差异,沙体(沙层)黏土矿物的吸附性是色彩形成的关键因素。

次要的、局部的因包括岩石中的岩屑矿物或矿物组成对阳光反射率的差异;成岩后期次生变化形成的假层理;岩石矿物含水率差异;漫流水体携带元素/物质差异形成的染色;表层地下水的渗透淋滤,新构造运动如断裂错动的使带色沙体颜色混杂化,以及坍塌堆积造成的色彩混杂复杂化。

4.4 元谋土林

4.4.1 景区概况

元谋土林位于元谋盆地金沙江以南,龙川江西部和南部,少数在元谋县城东。平均海拔 1100m。元谋有较好区位优势,东接昆明,北连四川攀枝花市、凉山州,西可至大理白族自治州、丽江地区,南邻玉溪市,成昆铁路、川滇公路、108 国道从此穿过。

元谋土林大多位于沟箐之内,也即山谷之中。班果盆地、物茂盆地的蜻蛉河两岸有一套河流相粗砂砾层,班果土林、虎跳滩土林就发育在其中。厚度可达百米,层中河流相大型交错层理发育,其底部有砾石层。砾石岩性复杂,粒径一般为 2~10cm,在砂层和砾石层中发育了大量铁质胶结层。该砂砾层在地貌上成为

现代蜻蛉河各级阶地基座或为起伏不大的丘岗，在丘岗中发育了土林。该层中没有发现哺乳动物化石，仅在土林中找到植物化石，时代为早更新世早期、上新世末期。

元谋土林总面积有 50km^2 ，有 13 片之多，主要分布在河流或冲沟的陡崖边缘，空间分布态势较为分散，如图 4-10 所示。

元谋土林面积较大的有班果土林(17.5km^2)、浪巴铺土林



图 4-10 元谋土林分布

(8.86km²)、虎跳滩土林(4.42km²)、罗岔土林(1.5km²)、湾堡土林(0.91km²)，其中景观价值较大、旅游已开发或旅游开发潜力较大的主要是虎跳滩土林、班果土林、新华土林三处。

虎跳滩土林旅游开发历史最早。到目前为止，只有虎跳滩土林可接待游客，其他土林由于交通不便，游客难至。2001年，虎跳滩土林风景区凿开隔断南北景区的两个山洞，开辟环行马道3km，人行道10km，使新景区得以和游客见面。元谋虎跳滩土林地质遗迹属地方级自然保护区。

虎跳滩土林柱体砂砾混杂，没有以石英砂为主的陆良彩色沙林的物质松散，胶结程度高，砂砾粒径较大，有的层位砾石成分比例较大，柱顶有铁质风化壳。基底为昆阳群和晋宁期花岗岩、花岗闪长岩。柱体垂直节理一般发育在细粒结构的层位上，垂直节理从上到下，直至粒径变粗，物质组分变为颗粒较大、胶结较好的砾石层结束。胶结较好的柱体有如水、砂、砾结合的混凝土，较为致密和坚硬，在干燥气候环境下挺立不倒，有混凝土式土林之感。

4.4.2 景观特征

4.4.2.1 元谋土林主要景观特征

元谋土林由一个个土柱构成，有雪峰状、锥柱状、城堡状，从不同的侧面看具不同的美，如森林、如迷宫、如宝塔、如古堡，是罕见的奇观，堪称一绝，见表4-5，表4-6。在土林景区，土柱如林，数不胜数，最高的土柱高达40多米，相当于10多层楼房那么高，独立柱体景观特色也十分突出。

在“血色皇冠”和“幽谷残阳”等景点处，柱体单体较少，往往是基座相连，有如城堡，延伸较远，长约百米，蔚为壮观。

元谋土林与丹霞地貌形态上有一些相同之处，尤其是均具有顶平、身陡、坡缓的柱、峰、林等形态特点，黄进教授把部分红色或土红色的土林称为“土林式丹霞地貌”，还有专家曾把云南建水馆驿土林、东山土林、甸尾土林、碗窑土林和永德土林纳入丹霞地貌的范畴。

表 4-5 元谋土林主要景观特征

景点名称	地理特征	景观特征	开发利用情况
虎跳滩土林	虎跳滩土林位于元谋县城西北的物茂西侧,距县城 36km,面积 2.17km ² 。在名为虎跳滩的沟谷两壁、后缘,林柱状体发育。虎跳滩土林沟道总长 5010m,主沟长 1550m,宽 10~40m 不等,支沟长 1350m,宽 0.5~25m。	形态有屏风状、迷宫状、城堡状、笋状。颜色土黄为主,配褐色、棕红、赤红色调。可见高达十米以上的柱状多处。土林形态多以城堡状、屏风状、帘状、棒状为主,土柱高度 5~15m,最高 42.8m。顶部无砾石保护层的则呈尖锥状,此外,还有少量峰丛状、屏风状。	已开发
湾堡土林	面积 0.91km ² ,位于湾堡乡,大多沿河谷地带分布。	柱体高度不大,大多在 5m 左右,形态单一,以不规则柱体为主且柱体分散。景观规模及景观效果不突出。含大量砾屑。松属硅化木化石。	未开发
马吼土林	面积 0.62km ² ,位于马吼乡。	规模小,集中度低。以褐色、土黄色、赤红色为主。柱体高度一般 5~10m。	未开发
班果土林	面积 17.5km ² 。班果土林位于元谋县城 15km 的平田乡东南,为元谋土林中面积最大的土林。主要发育于大沙沟中及两侧支沟中,大沙沟长 3750m,宽 50~100m,最宽达 230m,沟底为灰白色细粉砂。徐霞客游记描述的土林就是指班果土林。	有古朴、沧桑的意境,是土林发育老年期残丘代表,柱体并不高,大多在 10m 以下。形态多样,如迷宫,如古堡,如宝塔,如峰林,如垂帘。林柱体色调缤纷,以土黄色、棕红色、红色为主,会随季节、时间而变。柱体疏密有序,形状以古堡状、城垣状、屏风状、柱状为主,土柱高度一般 5~15m,最高 16.8m。	未开发
河尾土林	河尾土林位于新华乡东南 1km 的河尾水库东岸,面积 0.35km ² 。	柱体分散,以低矮的土柱为主,高度 10m 以内。景观多以柱状、雪峰状为主。	未开发
新华土林	位于元谋县城西 59km 的浪巴铺东侧,交通不便,面积约 2km ² 。	尤以尖锥状、圆锥状土柱十分发育,土林层层叠叠,高低错落,有林状气势。一般高 3~25m,最高达 42.8m。此外还有峰丛状、雪峰状、城垣状等土林。色彩丰富,柱体顶部为紫红色,中上部为灰白色,中下部为橘黄色,其间夹有褐、灰、白、黄、棕等色,色彩多样。土林洼地中有一水面,长 150m,宽 20~50m,水中有小岛,水面四周有稀疏植被,生长着栎木林、松林及蕨丛。	未开发

4.4.2.2 元谋土林典型柱体形态特征

元谋土林不仅整体林态景观较具特色，也有典型的单一柱体景观形态，同时蕴含了丰富的地质信息。土林柱体成景地层层位清晰，分层明显，对典型柱体层型剖面作了摄影量测、记录和分析，如图 4-11 所示。



图 4-11 典型柱体沉积变化

如图 4-11 所示为虎跳滩土林中的典型柱体，总高度 4m 左右，上部①为铁质风化壳，厚度在 50cm，中部②为白色致密黏土为主，细粒结构的层位，大约厚 60~70cm。下部③为粗细相间的韵律层，总厚度为 3m，大的韵律结构下又可细分出多次发生的韵律小结构，也是有粗细粒径成分的渐变。柱体上还可见纹层和条痕状层位，含有结核。柱体分层特征，见表 4-6。

柱体表面可见自下往上的正向韵律层，粒径由粗变细。砂砾粒径的变化，反映了沉积环境和条件的差异。柱体最上部为铁质风化壳，铁质风化壳的下一层由黏土，亚黏土，粉、细砂和中砂组成的十几个韵律层，含硅化木、碳化物碎屑和软体动物化石，

表 4-6 柱体分层特征表

柱体 层位	命名	厚度 /m	成分或岩性	沉积相	沉积过程与环境
①	风化壳 和铁质胶 结砂砾层	0.5~1	硅铝-铁质风化壳。 Al、Fe、Si 富集, 主要 为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 。 风化程度越深, SiO_2 含 量减少, Al_2O_3 、 Fe_2O_3 含量可增至 80%~90%。 脱硅富铝特征明显	风化壳由 于风化时间 长, 分层清 楚, 氧化型 风化物, 呈 皮壳状, 豆 状, 透镜状, 似薄层状含 在地层中	在湿热条件下, 旱季时因地下水 下降, 毛细作用把 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 带 到地表, 因此, 常 在地层顶部形成红 色铁质铝土风化壳
②	黏土质 细粒沉积	0.6~0.7	灰白色黏土, 也有棕 红色、棕、棕黄等色调, 含有铁质和钙质结核, 重矿物为褐铁矿、白钛 石、电气石、钛铁矿等	湖泊相为 主的河湖交 替相。黏土 层横向稳定, 垂向上交替 变化反映出 当时湖盆浅 且湖面波动 频繁。湖水 多次往复 进退	沉积动力较弱, 可能只受到波浪的 轻微扰动, 位于人 湖河流的河口附 近。交错层理。微 波状层理的发育, 也反映出低能还原 环境的沉积特征。 钙结核是淋溶作用 生成的沉积物
③	粗砂砾 石层	3	砾石岩性复杂, 粒径 一般为 2~10cm, 物质 较粗, 厚度较大。沉积 韵律强。平行层理。斜 层理。槽状交错层理。 透镜体发育。砾石常被 钙质胶结。含褐铁矿等 重砂矿物。有近 10 个左 右的韵律层或半韵律层。 每个沉积旋回以较粗的 砾石开始, 向上逐渐变 细为砂层, 亚黏土、黏 土结构。层理类型由平 行层理, 大型斜层理与 槽状交错层理渐变为小 型槽状交错层理。波状 层理及水平层理	河流相为 主。河流平 面摆动而发 生由砂质变 为黏土质的 结构。反映 了河流平面 摆动而发生 的相变, 层 次相当稳定, 不是瓣状水 系或过多分 叉河流沉积, 属于平原型 河流(钱方)	河流流经, 流速 快。冲、洪积作用 明显。粗粒沉积层 代表了河流进入盆 地的冲积锥沉积 物。大型板状层理 斜层理及平行层理 反映了单向水流下 的河床相, 属于高 流态砂砾沉积。向 上颗粒变细。所见 的波纹层理和水平 层理, 反映出水流 能量的降低, 属河 流边滩、漫滩相或 沼泽相沉积

还有钙质和铁质结核。再往下为一层厚达 2m 以上的灰褐、浅紫红色含砾黏土、砂质黏土层。砾石以绢云母千枚岩、长石石英岩为主,有少量石英岩,成分简单,粒径一般 1~5cm,呈棱角状或次棱角状。柱体的最下部基岩为晋宁期花岗岩。

从柱体上还可见垂直节理一般发育在相对细粒、砂质成分较多的柱体层位上;在柱体发育的台地上可见交错层理,粗细层位相间出现,有明显的韵律变化;孔洞或穿洞一般发育在细粒成分为主的层位中,有的侵蚀形成的孔洞往往发育在岩性较为薄弱的层位间;土林柱体上的不同层位有更小柱体的形成,这与岩性有关,往往是细粒状、黏土含量高的层位,较为松散,易被分割成更小柱形。

4.4.2.3 元谋土林景观形态组合

元谋土林的景观组合形态与其形成发育阶段、发育部位有关联,根据土林的地貌形态及其组合和发育阶段,可划分为细沟土芽型、圆盆土柱型、宽沟柱堡型、坡地残丘型,见表 4-7。

表 4-7 元谋土林地貌组合类型

类型名称	发育阶段	发育部位与形成过程	景观形态特征
细沟土芽型	片蚀纹沟和细沟阶段	土林地区的丘岗、台地坡面的下部。冲沟早期的冲刷作用,作用力较弱	高几十厘米至 2m 的小土芽,顶部无风化壳保护
圆盆土柱型	沟谷发育较为强烈的切沟和冲沟阶段	在接近分水岭的冲沟和切沟源头,半圆形或椭圆形的盆地中,由于盆中沟壑发育,相互交织,形成大量土柱,强侵蚀力作用下	发育土柱的圆盆直径可达几十米,圆盆的周壁是崩塌和陷蚀而成的陡峭后壁,圆盆的出口有陡坎,盆中发育的土柱形态各一,特色鲜明
宽沟柱堡型	宽沟阶段	遍及原有的台地上。沟头、坡面下部、圆盆由于冲沟的不断扩大和汇合,相互之间沟通为串珠状	整体林柱状特征更显突出。千沟万壑衬托出林柱的高大、壮观,犹如幽深的古堡,充满神奇,宽沟两侧是高大直立的崖壁,长几百米,高达 20~10m,有铁质风化壳保护的土柱高大挺拔,而失去保护伞的土柱,顶部多呈尖圆形,强大的水流还形成暗河、洞穴、天窗和天然桥

续表 4-7

类型名称	发育阶段	发育部位与形成过程	景观形态特征
坡地残丘型	老年期残丘夷平阶段	宽沟中流水下切作用减弱, 侧蚀作用为主, 陡壁塌落, 高度降低, 土柱体也蚀低、倒塌, 甚至夷平和消失	残留孤立的柱体, 林状之貌已不明显。柱体高度明显降低。沟谷整体夷平

4.4.2.4 元谋土林形态与沉积韵律、层理特征

元谋虎跳滩土林成景地层沉积相韵律变化和层理, 给其柱体形态带来了丰富的变化, 见表 4-8、如图 4-12 所示。

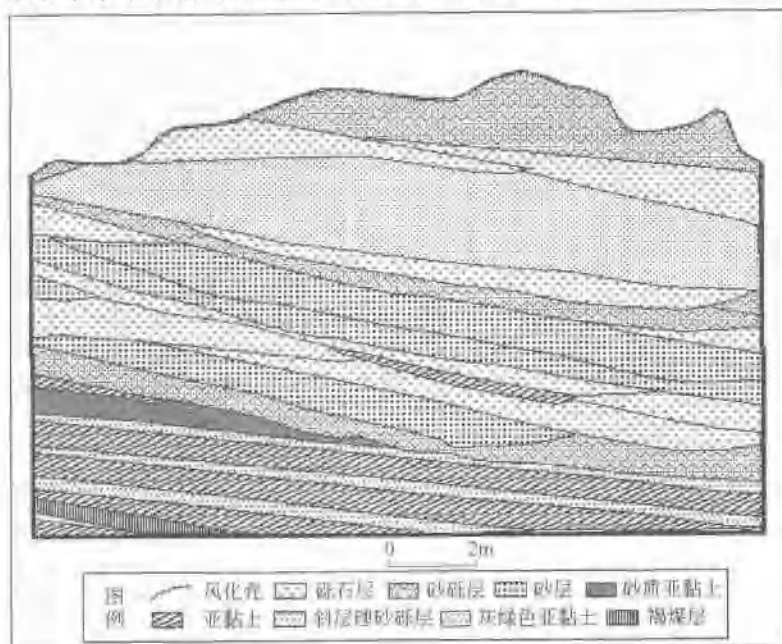


图 4-12 元谋虎跳滩土林常见沉积相 (据钱方资料绘制)

图 4-12 所示为虎跳滩土林中常见沉积相, 沉积韵律、平行层理、斜层理明显。成景地层为褐黄—灰黄色砂砾石层与红棕色亚黏土和黏土层组成的半胶结的地层, 柱体及发育地层沉积韵律

清晰,由十几个沉积旋回叠复而成,一般为正韵律,下粗上细,并与下伏地层呈侵蚀接触。沉积物每个旋回底部具有明显的冲刷面。砂砾层内发育指示单向水流的斜层理或槽状交错层理且向上变细的正旋回,说明这是属于河流相的沉积物。

表 4-8 元谋虎跳滩土林的一般沉积韵律、层理特征

岩 层	岩 性	沉积相	韵律变化、层理及指示意义
下更新统元谋组第四段 (Q_3y^4)	砂砾层,亚黏土层和黏土层互层,砂砾石层中夹有黏土层,而黏土层中也夹有砂砾石层。砾石常被钙质胶结	冲、洪交替相。间夹湖沼相。说明除有洪积外,还有河流的活动及静水水体的存在	砂砾层为垂向正韵律,由下向上迅速变细,指示为一次水流过程的产物。 但层内缺乏沉积构造,磨圆及分选差,反映物源近且沉积迅速。 有些地段顶部出现砾石层,且出现负韵律现象,粒径由下向上变粗,则反映抬升作用加强。层理有出现,但在横向上不稳定,因岩性变化快而不明显
下更新统元谋组第三段 (Q_3y^3)	厚层状砂层、黏土、亚黏土互层。夹灰黑色、灰绿色薄层黏土	河流相为主	每个沉积旋回为正韵律,以砂砾或砂层开始,向上变细为亚黏土、黏土。砂砾层粒径粗大,推测为河流进入盆地的冲积锥沉积物。 沉积旋回下部可见平行层理、板状斜层理、槽状交错层理,反映单向水流的流经,属高流态砂质沉积。
下更新统元谋组第二段 (Q_3y^2)	杂色黏土层、亚黏土层、粉砂层和砂层互层。夹灰绿色、灰黑色黏土层	以河流相为主的河湖相交替相	上部变细为黏土质沉积,渐变为小型槽状交错层理、波纹层理及水平层理,反映水流能量的降低,向河漫滩相过渡。 沉积旋回展现了平原型河流的沉积特点。但有些灰黑、灰绿色的黏土层,则反映了半扼湖或漫滩静水环境的存在

续表 4-8

岩 层	岩 性	沉积相	韵律变化、层理及指示意义
下更新统元谋组第一段 (Q ₂ ¹)	以杂色黏土为主,与薄层砂层、亚黏土层互层。夹有褐煤层和碳质黏土。也有人认为元谋组全为砂砾石夹黏土层	湖沼相为主的河湖交替相	沉积旋回多且呈正韵律变化,发生黏土、亚黏土和薄层砂的相变。有些层中无层理,含水量介形类壳体化石,为湖相沉积。 层理为小型槽状交错层理,砂纹交错层理、微波状层理,显示出低能环境的沉积特征,估计为湖水或入湖、河流河口附近的沉积物。 有些层内还有钙结核,形状不规则,呈同心圆状,指示出沉积物曾出露于大气下,经淋溶作用而生成淀积物。 垂向上多次的沉积旋回,反映出当时湖盆浅且湖面波动频繁,湖水多次往复进退的状况
上新统龙川组 (N ₂ L)	砂、黏土、粉砂层	河流相及湖相	正韵律变化,有交错层理,说明有河流流经,多层黏土及粉砂层反映出浅滩相和牛轭湖相沉积
上新统小河组 (N ₂ x)	杂色黏土为主	类似于元谋组第一段,湖沼相为主	多指示低能静水环境的纹层理、微波状层理,水平层理,见介形类化石

在土林的组构上,砂砾分选及磨圆度均较差,砂层内含有相当数量的长石与岩屑,表明其未经长距离搬运。砾石的主要成分为红色石英砂岩和黄色长石石英砂岩,与盆地周围广泛分布的中生代红层相一致。砂砾层分选差,厚度小,横向展布极不稳定,而且其上覆的红棕色亚黏土层厚度较薄,并缺乏静水环境沉积物及与之相应的微体古生物化石。韵律层大部分呈现出网状河流的沉积相模式。砂砾层中斜层理大部倾向东,表明古水流主要由西向东流经本区,而个别层段倾向北东则反映了水流方向在局部层

段略有变化。

钱方认为, 如果将砂砾层视为河道沉积, 而上覆的亚黏土层视为洪水期间河道间的漫流堆积, 则当时河流水深在平水期为 1~2.5m, 最大 4m, 洪水期的水深则有 3~6m。砂砾层中含有钙结核和泥砾, 则暗示了水流在堆积这套冲积相地层的同时, 在局部还产生一定规模的侵蚀作用。

4.4.3 地层岩性

元谋土林的地层以河流相和三角洲相为主, 为砾石层、砂层夹薄层黏土和亚黏土层, 砂砾层常为粗层状, 单层厚 0.5~10m 左右, 其中部分被铁质胶结, 厚达 2m 以上, 砂层中交错层发育, 常夹有连续几层厚几厘米的铁质胶结砂层和透镜体。

元谋虎跳滩土林地层产状平缓, 含褐煤或泥炭, 富含哺乳动物、介形类、腹足类、孢粉等第四纪化石。土林在构造上为未固结的岩石, 易吸收水分, 具可塑性及黏结性, 成分主要为高岭石、石英、云母、氧化铁等, 还可含钙质、碳质、沥青质、石膏、盐类等。黏土胶结后成为致密坚硬的泥岩和页岩, 已无可塑性及黏性, 能被小刀刻画。由于这些土壤在漫长的岁月中, 不断吸水、膨胀; 失水、收缩, 致使地面龟裂; 加之雨水沿裂缝冲刷、流动, 久而久之, 裂缝逐渐加深、扩宽、延长, 土柱逐渐显露、增高, 有利于形成土林。同时, 所含的石英、云母等砂体成分, 对其颜色也有重要作用。

组成元谋虎跳滩土林的成景地层, 主要为第四系更新统元谋组及上新世地层, 见表 4-9, 其中元谋组是中国南方下更新统的标准层。

元谋虎跳滩土林地层, 主要为上新统一下更新统 (N_2-Q_1) 及更新统 Q_2 元谋组地层, 如图 4-13 所示。

元谋组包括下更新统元谋组第四段 (Q_{1y}^4)、下更新统元谋组第三段 (Q_{1y}^3)、下更新统元谋组第二段 (Q_{1y}^2)、下更新统元谋组第一段 (Q_{1y}^1)。主要分布在元谋盆地 (狭义) 中, 向北

直到白泥湾附近,虎跳滩土林、班果土林所在的物茂盆地、班果盆地也有分布。

表 4-9 元谋土林成景地层特征表

时代	地层	距今年代 /万年	极性事件	古文化 遗址	古环境或 气候	哺乳动物 化石群
早更新世	元谋组 4 段	187~180	松山期, 吉尔萨极性事件	旧石器 早期元谋 人文化	元谋降温期	元谋 动物群
	元谋组 3 段	214~187	松山期, 奥尔都维、留尼旺极性事件		元谋间冰期	
	元谋组 2 段	305~225	高斯期, X 事件, 凯纳事件		温 凉	沙沟 动物群
	元谋组 1 段	330~305	高斯期, 马莫斯事件			
上新世	龙川组	520~365	吉尔伯特期, 柯奇坦、努瓦尼克, 西杜夫加、斯维拉事件	人猿超 科化石	湿热 为主	小河 动物群
	小河组	550~330				

资料来源: 据钱方资料整理。

元谋组受构造变动后抬升, 被后期流水侵蚀切割, 成为低缓的丘岗或其他堆积物的基底, 土林往往就发育在这些低缓的丘岗之上。土林的成景地层还包括上新统龙川组 (N_2L)、上新统小河组 (N_{2x}), 这两个地层组主要分布在元谋盆地西侧的班果、物茂、芝麻等。

应该注意到土林的成景地层形成时代与划分, 均按钱方的研究结论。事实上还有诸多专家对此认识并不一致。元谋组这几段地层和龙川组时代上在钱方看来属早更新世和上新世。江能人 (1989) 将其划分为早更新世和上新世, 对应元谋组上下段、甘棠组上下段、沙沟组上下段和龙川组。尤玉柱 (1978)、刘东生 (1983) 等将其划为中更新世上那蚌组、早更新元谋组、上新世

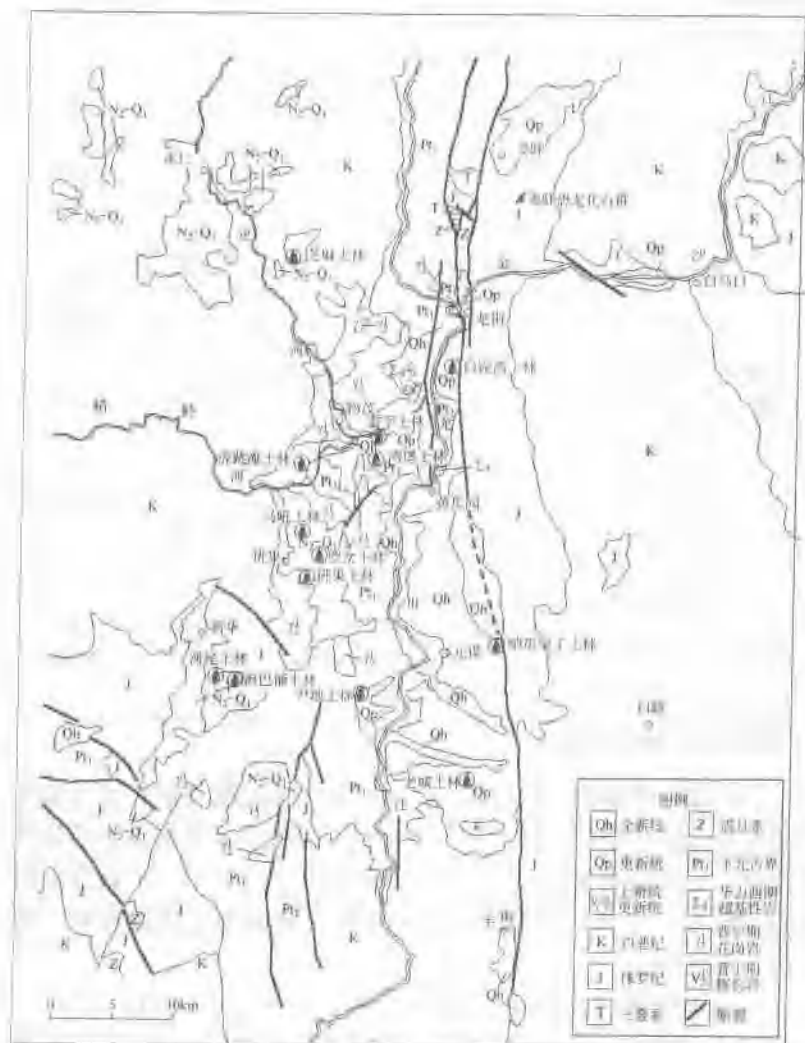


图 4-13 元谋土林分布与发育地层

沙沟组；卞美年（1940）将其划分为晚上新世元谋矿层；科伯特（E. H. Colbert, 1940）划分为早更新世马街含马化石层；斐文中（1961）划分为早更新世元谋组；周明镇（1961）划分为早更

新世柳城、元谋层和晚上新世元谋沙沟层,可见认识上还存在差异。

4.4.4 构造

元谋县位于云南“山”字形构造西翼部分内侧。“元谋东山大断裂”及其派生构造控制着元谋地质地貌。东山大断裂形成于前震旦纪,在以后各期构造运动中都有不同程度的复活。断裂带南北向贯穿元谋位于元谋东山脚下,北插入四川会理,向南延伸至双柏绿汁江大断裂。断裂属压扭性断裂,元谋段基本处在“滇中红层”上,加之龙川江的切割、搬运、堆积,使得县境内山坡陡峭,水土流失严重、洪涝灾害较多。基于地质构造形成了3个单元:东山侵蚀构造中山地貌;西山剥蚀构造中山丘陵地貌;盆地断陷堆积地貌。元谋坝地处凹陷盆地,四面环山。元谋土林大部分布于盆地边缘的上新世—早更新世的河湖相地层区。在虎跳滩土林及班果土林周边或基底可见昆阳群和晋宁期花岗岩形成的基岩丘岗,把整个元谋盆地分割成一系列的小盆地,如物茂盆地和班果盆地,为元谋土林发育在较封闭、单一的环境里准备了条件。

元谋盆地是川滇南北构造带中的一个构造断陷盆地。川滇南北构造带自喜马拉雅第一幕后,完全结束了古裂谷面貌,代之的是长期剥蚀夷平。到喜马拉雅第二幕时,该区又开始了强烈且广泛的构造运动,到中新世晚期盆地西侧开始断陷,堆积了上新世小河组、元谋组地层。后又经历长期地壳抬升,接受流水侵蚀等长期作用,渐次形成土林地貌。

元谋盆地新构造运动强烈。元谋运动后,元谋盆地由断陷转为隆升,使上新统一下更新统地层抬升为比盆地边缘相对高100~300m的丘岗,同时,金沙江、龙川江下切强烈,流水加速了对元谋盆地的侵蚀和切割,沿松散的砂层、新构造运动形成的破裂面或破碎带冲刷,从而形成了纵横交错的冲沟和土柱,因此元谋盆地近期的强烈抬升,也是土林形成的重要条件之一。

4.4.5 形成发育过程

4.4.5.1 土林形成三阶段

土林地貌的发育演化也是在该区域沉降—抬升—稳定的地壳运动过程中完成的,见表4-10。

表 4-10 土林发育阶段

发育阶段	时 间	新构造运动特征
沉积阶段,形成林柱发育的地层	上新世末—早更新世初	元谋盆地以断陷为主,盆地西部班果、芝麻、新华、物茂等小盆地,及东部断陷地区,沉积了小河组、龙川组、元谋组等地层,为林柱体发育准备了物质基础
沉积物掀斜抬升形成沉积台地	元谋运动直到中更新世—晚更新—全新世	钱方认为元谋运动,相当于喜马拉雅运动第三幕。以左旋的压扭作用为主,使元谋盆地结束了大面积沉积运动转为区域抬升,从元谋组大多倾向北东 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 的单斜构造,可判断元谋盆地在元谋运动时产生自南西向北东的掀斜运动。 元谋运动时还使元谋组发生褶皱和断裂、倾斜,这些因素,是造成林柱发育地层形态多样的重要因素。中更新世期间,元谋盆地表现为间歇性抬升。在中更新世及晚更新世、全新世部分时间段也因盆地下降,发生沉积。但总态势是以抬升为主,为流水切割准备了条件
沉积台地不断切割,柱体形成阶段	时间自元谋运动起,盆地隆升期,切割剧烈,盆地下降期,切割趋缓	在沉积台地随元谋盆地掀斜抬升后或间歇性抬升期间,河流下切,流水作用剧烈,不断切割台地,使沉积台地逐渐分割,促使林柱的形成

元谋地区沉降阶段形成内陆盆地或较大的河谷盆地,接受物质沉积,形成林柱发育的物质基础;而后是抬升,开始受到水流侵蚀、重力崩塌的作用等,形成较典型林柱形态;稳定一定时期

后,逐步夷平,进入林柱发育的老年期,可见蚀余柱体。

4.4.5.2 第三阶段的发育演化

士林地貌发育和演化过程中,特别是在沉积台地,不断切割,形成柱体的第三阶段,流水作用起到了不可替代的重要作用。按流水作用强度和时间,可把这一时期划分为景观初期侵蚀阶段、景观发展阶段、景观成熟阶段、景观衰亡阶段。

(1) 景观初期侵蚀阶段。这一阶段对应于沟谷地貌发育的纹沟和细沟阶段。此一时期,在由松散河湖相地层组成的平缓斜坡或阶地上,下暴雨时雨滴常形成溅蚀坑,坑中停积了水,当坑中的水增多溢出时即形成片流。当片流不断增厚,溅蚀坑逐渐相连,水流开始集中。地表径流由片流转为可搬运小土粒的线流,侵蚀能力增强,形成纹沟。纹沟一般深和宽仅几毫米至十几厘米,长几十厘米至2m多。当纹沟逐渐合并、加深和变宽时,便发展为细沟,在细沟两侧开始形成矮小的细芽状土柱。由于流水挟带有细沙,侵蚀能力加强,形成一些土屏、土墙和小土柱。

(2) 景观发展阶段。这一阶段对应于沟谷地貌发育的切沟阶段。由于流水在细沟中挟带了砂粒,使冲刷能力增强,加快了下切和溯源侵蚀而发展为切沟。当切沟中的流水在流经松散的砂或粉砂层时,便加速了侧蚀,从而使切沟变宽。而在流经铁质胶结砂砾层或黏土层时,常成为两壁陡立的沟谷。切沟中可见跌水陡坎,高约2~10m,随着切沟的互相沟通,加密和加深,在切沟间的有顶部保护层的小土柱变得逐渐高大(5m左右)。而有的侵蚀变低或倒塌。

(3) 景观成熟阶段。对应于冲沟阶段。切沟进一步发育,加宽加深为冲沟,纵横交错。在接近分水岭附近,小冲沟和切沟、细沟源头常形成圆形的侵蚀盆。圆盆后壁陡峻,在圆盆出口处常形成陡坎或深切的巷沟。在圆盆中,由于冲沟、切沟的纵横分布,流水侧蚀得到进一步加强,使一些沟壁下的松散砂层被侵蚀,沟壁成为上凸下凹形。较大的圆盆可成为小型的土林,圆盆和圆盆之间,主要由冲沟、宽沟和巷沟相连,常形成串珠状。

(4) 景观衰亡阶段。对应于沟谷地貌发育的宽沟与残丘夷平阶段。这一阶段冲沟进一步展宽和延长成为宽沟。从形态上看,宽沟沟底平坦,宽达十米至几十米,长达数公里;沟壁大部为陡壁,并间隔一些缓坡段;沟底堆积了大量松散的砂粒。宽沟平时为干沟,在雨季的暴雨后,常形成流量大、流速达 2m/s 的挟带大量泥砂的暂时性流水,其侧蚀力强。在一些凹岸的陡壁下,在流水侧蚀的作用下,可形成深达 3m 的浅洞,浅洞上的砂砾层常发生崩塌。宽沟中也常产生滑坡和崩塌,使宽沟更加变宽。大的宽沟已初具一条树枝状水系的形态。在其两侧发育有次一级的宽沟、冲沟、巷沟、细沟和纹沟。宽沟两侧陡壁、土柱倒塌蚀低或被夷平,残存孤立小土柱、小土丘等,整个土林地势开始变平缓。如果地壳不再抬升,河水下切能力越来越弱,这些宽沟可逐渐被填平,最后达到夷平阶段。

4.4.6 成景作用

元谋土林成景过程中,地壳上升运动,断裂、垂直节理的发育,适宜的气候条件、水流侵蚀作用以及顶部铁质风化壳的存在,对土林的形成起着重要的作用。

元谋土林地区,地壳运动、断裂活动及海退、海侵时常发生。特别是新构造运动的抬升过程使岩层产生构造裂隙、断裂和褶皱,可使完整的岩体出现裂隙,垂直节理发育,影响台地自身的结构和可溶性,利于水流的垂向渗透,使台地解体,柱体形成。

古环境下的土林温暖湿润,降水量大,地表流水沿着土林节理垂直下渗侵蚀,以机械的侵蚀为主,不断的下切、分割,使台地形成沟谷的同时,一些林柱状体也相应形成。

在距今 150 万年前的第四纪早期,元谋地区是一个气候温和、丘陵起伏,湖泊密布,河流纵横,森林茂盛,动物游走的世界。元谋人也生活在此。后因生态环境的逐渐恶化,森林破坏,河流带来的泥沙、砾石年年剧增,湖泊淤塞干涸,动物及原始人

的生存环境也受到严重威胁。

在新构造运动作用下,湖积地层以沙土为主,并逐渐发育了铁质风化壳。受气候影响,夏秋多雨,暴雨使地表形成许多细沟和冲沟。流水作用沿节理下蚀,流水作用更为强烈,辅以重力作用,物理风化作用。在铁质风化壳较厚的地方能较为有效的阻挡雨水和淋溶,使砂砾和土层得以保留,形成土柱。无铁质风化壳的地方,在水流作用下,淋溶冲刷,形成裂缝,越来越宽。在这特殊水文气候条件及构造作用下,终于形成了天然杰作。虽然现今土林所属的气候也演变为亚热带干热河谷气候,气温高、降水少,但如遇暴雨,雨水及漫流水流对柱体的再雕蚀作用同样不可小视。

现今气候的干燥与降雨量少是土林发育的重要条件。现今土林正处号称火炉的元谋盆地,年降雨量仅 642.2mm,年蒸发量高达 3094.1mm,年平均气温为 28.9℃,属于干热盆地,植被覆盖率仅 10%~20%左右。少雨的气候,使土柱保留的时间得以延长。

另外,元谋土林柱体发育高大与铁质风化壳有关。元谋盆地在湿热气候条件下,Ca、Na、K、Mg 等元素不稳定、可移动性强。Ca、Na、K、Mg 大部分被淋湿,使 Al、Fe 和 Si 相对积聚而形成颜色不一的风化壳。一般而言,风化愈深,三价铁含量愈高,风化壳颜色愈深,因此,元谋盆地中风化壳呈棕黄色到紫红色的颜色变化。

铁质风化壳是土林区别于沙林、膏林的典型标志,很有特色。各时代的风化壳颜色、成分、发育部位有不同的特点,见表 4-11。

铁质风化壳可以在古环境气候条件下,分几次形成。一般而言,柱体最上部的铁质风化壳是由于毛细作用,使风化的富铁铝氧化物上升到顶部形成,铁质风化壳发育在铁质胶结层中。在柱体不同的层位可多次看到铁质风化壳的存在,色调黑色,有如帽檐伸出,为下部岩层遮风挡雨,对柱体的保存有重要作用。

表 +11 元谋土林主要铁质风化壳特征

名 称	发育部位	成 分	厚 度	时 代
鲜红色铁质风化壳	处在龙川组顶部, 被元谋组覆盖或超覆	鲜红色黏土夹碎屑层铁质胶结	厚度介于1~7.2m	上新世
砖红色、紫红色铁质风化壳	位于龙川江五级阶地以上, 中山组及其以前的地层上均有发育	砂砾结构, 砾石含量高, 铁质胶结	厚度1~2m	中更新世
棕红色、橙红色铁质风化壳	主要分布在盆地中, 相当三四级阶地的地貌部位或东山组和月龙组地层顶部	风化物成分和结构与砖红色风化壳近似, 但氧化值比值比砖红色风化壳低, 说明比砖红色风化壳的风化程度低	厚度1~3m	中晚更新世
棕黄色和红棕色风化壳	发育在龙川江二级阶地, 龙街组及其他相当的地貌部位上, 在龙街、大墩子、小那乌北沟等处都可见到	风化壳为亚黏土, 含有少量小砾石	厚度0.2~1m	全新世

风化壳往往成为划分第四纪地层的一个重要标志, 例如, 鲜红色风化壳为上新世和早更新世的分界标志层。

发育在虎跳滩土林中的风化壳主要是中更新世红色铁质风化壳, 一般厚0.5~1m。这些硅铝——铁质类、风化壳或铁质钙质胶结的透镜体残存于土柱顶的铁质风化壳, 像一顶草帽一样, 为下面的土柱体遮风挡雨, 相对减缓了水土流失速率, 使林柱体在较长时间内不被水流自上而下冲毁, 倒塌, 同时, 由于各风化壳组成的母质的不同, 加上铁质胶结砂砾层上、下层位的差别和形状厚度的不等, 使土林的层位高低错落, 柱体形态各异。

其他的土林, 如新华土林柱顶未见铁质风化壳, 高大的柱顶

上往往有植被生长,作为保护层,使其不倒。但与有铁质风化壳的虎跳滩土林相比,显然稳定性和长久性逊于后者,更需注意保护。

总的来看,元谋土林属流水侵蚀作用的产物,沉积物质为河谷或断陷盆地中的陆源碎屑沉积岩(物),有一定的沉积韵律;流水作用与重力崩塌在发育演化过程中居主导地位;形成过程遵循河谷地貌演化阶段的规律,沉积层(物)均有随地壳掀斜抬升,接受流水侵蚀的过程;成景环境为类似于现代的温湿氧化环境,发生淋溶作用,高价铁富集,形成铁质风化壳;成景地层剥蚀面明显,呈平顶状态。因垂直节理的缘故,柱体分割后直立、陡峻,但由于整个地景发育在水平地层之上,坡度较缓,呈缓倾状态,利于柱体的保存。这些多重因素的共同作用,使元谋土林逐渐形成。

4.5 元江彩色膏林

4.5.1 景区概况

元江彩色膏林地处于元江县城西的官仓附近,与县城直距约3km,在玉溪—磨黑高等级公路东侧山坡下方的数条掌状分支沟谷内,景区面积约0.5km²,平均海拔500m。位于元江盆地西缘山坡掌状支沟两侧斜坡,有213国道与昆明相通。景观分布如图4-25所示。

元江彩色膏林原称为“土林”,后经杨世瑜教授等考察后认为,元江石膏箐土林系含膏盐的泥岩、页岩系经地表水沿垂直节理侵蚀而成的密集峰林,柱体表面多有一层由石膏组成的薄膜保护柱体的稳定性,独具一格。且峰林叠嶂,色彩鲜艳,柱体造型多变,构成一幅幅柔和协调、俊秀绮丽的立体彩墨画。根据膏林色彩及特殊物质组成,杨世瑜教授将其定名为“元江彩色膏林”,并于2002年1月撰写了题目为《俊秀绮丽的元江彩色膏林风景

区》的考察文章,刊登在《春城晚报》上,后经《旅游报》、《文摘周刊》转载。中央电视台制作了元江彩色膏林专题片,由中央电视台10频道具有科技权威性和影响性的《走进科学》栏目于2002年7月播出,使元江彩色膏林有了一定的知名度。

彩色膏林类型十分稀罕,具有很高的欣赏价值,对土林、沙林保护措施有借鉴作用,科学意义重大。目前仅发现于云南元江县。

4.5.2 景观特征

元江彩色膏林景观形态与沙林、土林类似,沟谷两侧耸立形态多样的柱体,有的地段密集峰林、峰丛,造型千姿百态,似钟塔、宫殿、土堡、屏风、擎天柱。景区造型紧凑、有序,属构造侵蚀中高山地貌、流水侵蚀土地地貌,以峰柱、切割台地等类型为主。柱体多下粗上尖、且稍带浑圆,高约40~50m,峰丛在平缓斜坡上高百余米。较大膏林柱顶常以草丛或大石为柱顶“帽”,少数柱顶无“帽”。柱体表面有一层1.5~3.5cm含石膏泥浆状外壳,表面呈细密蜂巢状和暴雨雨滴溅蚀坑,或具泥流痕,重力水流冲刷痕等。主色调为翠铁锈红、翠绿、土黄等,次色调为暗紫、水红、蓝、黑、灰、白等。色彩除本身的多样外,还会随阴晴、时间、不同强度、不同角度的光照作用而发生变幻。

4.5.3 地层岩性

元江彩色膏林成景母岩为下第三系含石膏的杂色泥岩、页岩及粉砂岩,是水土流失的产物,也是淋溶地貌景观中较为特殊的一类地貌景观,与土林、沙林地貌景观既十分类似又有差别,显著的差别是彩色膏体的成景物质中含有膏盐物质。彩色膏林所在范围内即属石膏矿区。经检测在林柱体中含有膏盐,在土林柱体表面,常常形成一层2~3cm含有石膏的泥浆状外壳保护,这是雨水溶解膏盐物质,并顺着林柱体表面流动,并在天晴时形成的硬壳状物质。

由于气候炎热干旱,元江盆地发育了咸化湖泊,沉积了下第三系地层。这一地层下部为石膏和炭泥质沉积,中上部为紫红色(浅水,强氧化环境)与灰绿色(深水,还原环境)交替的页岩、泥岩及粉砂岩沉积,总厚度大于200m。因此,元江彩色膏林成景母岩是下第三系含石膏和炭泥质等的页岩、泥岩及粉砂岩沉积,属河湖相和三角洲相沉积。彩色膏林沉积物(蒸发岩)具有松散、易流失迁移、易形变、不稳定、具可塑性的特征。因此,地层岩性总体具成层性的情况下,局部不连续性明显,变化复杂,揉皱、挠曲发育。

4.5.4 构造

元江彩色膏林的主景区位于元江盆地边缘,在红河以西、元江盆地的西部边缘,红河断裂带哀牢山前断裂(F_1)的东侧。处于地质历史上长期构造活跃的金沙江—红河断裂带,是欧亚板块与印度板块两大板块的缝合线,为大地构造单元的衔接部位。红河断裂是一条颇具特色的大型跨国走滑断裂带,从走向延伸看,为一条总的走向北西,中部在元江附近略向南西突出的弧形断裂带。

元江彩色膏林所在的元江盆地受两条平行的哀牢山山前断裂和中谷断裂控制。有的地段,下第三系还超覆于中谷断裂上。控制元江盆地的红河断裂具有多次改向运动,并且分段性活动特征。早第三纪,印度板块以每年5cm的运动速率向北和北东推挤,首先推挤印支板块,当印支板块受到华南板块的阻挡,产生了向东南方向的侧向挤出,红河断裂带产生大规模的左旋走滑运动。在长约160km的东峨—元江—红河段,形成狭窄的构造压陷盆地,大约在中新世,印度板块继续向北推移,青藏块体受到强烈挤压和变形。

上述运动使红河断裂以西的哀牢山强烈抬升,发育了构造侵蚀地貌和河谷带的侵蚀地貌、侵蚀堆积地貌。此时,红河断裂由原来的左旋运动逐渐变成了右旋走滑。受右旋走滑的红河断裂带

运动影响,垂直节理发育,在倾斜的山坡上,地表水沿垂直节理侵蚀下切,初期形成微沟、侵蚀沟槽,并逐年扩大加深,为强烈的流水作用所支配,有利于林柱体的形成。

4.5.5 形成发育过程

4.5.5.1 彩色膏林形成三阶段

彩色膏林的形成也经历了原岩形成—固化抬升—流水侵蚀三阶段。

(1) 彩色膏林原岩的形成。大约 6000 万年前新生代第三纪早期,红河断裂左旋走滑拉张,在元江一带形成狭长的北西向断陷盆地,在炎热干燥的气候条件下,发育了咸水湖泊。中生代陆相碎屑建造为其提供了物质来源,沉积了一套总厚度达 200m 的含膏盐的以泥岩、页岩为主的第三纪碎屑岩建造。其下部为含泥炭及石膏地层,在形成彩色膏林的石膏管形成厚达 40~50m 的石膏层(蒸发沉积矿床,现正在被开采)。其中上部为交替出现的灰紫色与灰绿色页岩、泥岩为主,含砂岩的碎屑岩系。含膏盐岩系具有物质组成和颜色的垂直方向的似韵律性和横向上的岩相复杂变化,显示了当时氧化还原环境的交替和物质供给的变更(紫色示浅水、强氧化环境,绿色示深水、还原环境),这一沉积岩性特征为形成彩色膏林色彩多变、梦幻般的彩墨画境和峰林柱体膏盐保护薄膜奠定了物质基础。

(2) 彩色膏林原岩的固化抬升。大约 3000 万~1500 万年前,随着地壳的上升,红河断裂带由原先的左旋走滑转变为右旋走滑,狭长的咸水湖泊消失,并不断抬升。沉积的原始物质在固化成岩过程中产生挤压、变形和物质组分的平衡。

含膏盐沉积物(蒸发岩)具有可塑性大、易溶解迁移、易变形的特征。因此,在元江彩色膏林的地层岩性总体具成层性的情况下,局部不连续性明显,变化复杂,揉皱、挠曲发育。

(3) 彩色膏林峰林地貌的形成。进入约 200 万年前的第四纪,印度板块以每年 5cm 的运动速度向北运动,挤压抬升青藏

地块。伴随青藏高原的隆起和印度板块向北东东的推挤,使红河断裂以西的哀牢山强烈抬升,发育了构造侵蚀地貌和河谷带的侵蚀地貌、侵蚀堆积地貌。受右旋走滑的红河断裂带运动影响,已固结成岩但仍较弱的彩色膏林原岩X形垂直节理发育,在干热的河谷气候条件下,在倾斜的山坡上,地表水沿垂直节理侵蚀下切,初期形成微沟、侵蚀沟槽,并逐年扩大加深。由于在侵蚀沟槽的风化表面形成含石膏的泥质薄膜的保护层,使降雨不易对侵蚀沟槽壁进行冲蚀,只能由重力沿垂直节理向下切蚀形成柱体。干热的元江气候特色,使含膏泥质保护膜得到保存,且能起到对柱体的保护作用。再加之该段红河断裂是蠕滑活动,无地震,使彩色膏林不易倒塌。天长日久,终于侵蚀形成了巍峨壮观、彩屏耸立的彩色膏林地貌。

4.5.5.2 第三阶段的发育演化

在彩色膏林台地接受流水侵蚀的时期,即彩色膏林形成的第三阶段,也经历了生长—发育—消亡三个阶段,也可划为五阶段:(1)片蚀、纹沟、细沟阶段;(2)切沟阶段;(3)冲沟、侵蚀盆阶段;(4)宽沟阶段;(5)残丘夷平阶段。其中(1)、(2)相当于幼年期;(3)、(4)相当于壮年期;(5)相当于老年期。

A 幼年——峰芽期

在干热河谷气候环境中,由于含石膏的碎屑岩风化土层极薄,盐碱类矿物含量高,不利于植物,特别是不利于热带木本植物生长,仅有弱小、稀薄草丛,植被覆盖度仅10%~20%。在起伏不大的同斜缓坡地形条件下,没有很大、集中的汇水面,季节性降雨在缓坡上呈面状流动冲刷、侵蚀。初期,在无植被斜坡地段,向下侵蚀形成纹沟、浅沟和少量切沟、侵蚀沟槽。在地表有较大石块或草丛斜坡,雨水无法侵蚀其下的土层,形成帽状保护的柱顶,其周边为浅沟、切沟环绕,即出现膏林峰柱的“土柱芽”新生儿。

B 壮年——峰柱期

虽然彩色膏林原沉积物形成时代不久,但受到红河断裂右旋

走滑作用的影响,在地层中形成一组 X 形垂直节理,使降水有了容易向下切蚀的缝隙条件。受季节性降雨的间断性淋蚀、冲刷,峰帽下部地层中的石膏溶出,并与极细的黏土矿物混合形成含膏盐泥浆。

在重力作用下,浓稠的含膏泥浆沿峰柱表面往下缓慢流动,由于气候干热,边流动边失水固结,形成了一层类似膏浆的保护层薄壳,阻止了雨水对柱体地层的持续冲刷侵蚀,雨水只能沿柱体节理向下急流切蚀,峰柱“生长”迅速,形成千沟万壑、似塔如林、百态千姿的峰林地貌。由于峰柱表面的膏泥浆层的保护,使得彩色膏林单个峰柱可高达 30~40m 以上。

C 老年——垮塌消亡期

当彩色膏林的单个峰柱高度达到一定高度时,由于峰柱本身的重力,加上峰柱上端常年处于地上强风和冷热风对流环境作用下,使峰柱上端侵蚀加快,柱体变小。流水沿倾斜冲沟的中上部,发育为幼、壮年期林柱;冲沟中下部膏林发育为壮、老年期林柱,逐渐倒塌衰亡。尤其是当周围环境恶化,改变了原干热环境,如峰柱底部有汇水沟时,积水流动造成的侧向侵蚀淘空,使峰柱底边部出现悬空,失去重力支撑,容易产生重力拉张,拉张裂隙迅速向上扩张,使峰柱失稳垮塌而永久消失。尤其是有震动(地震或人工放炮采石)恶劣环境出现,会加速峰柱的倒塌消亡。

4.5.6 成景作用

元江彩色膏林在形成过程中垂直节理、适宜的气候条件、水流侵蚀作用及独特的膏盐成景机制,起着重要的作用。

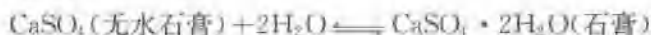
大约在中新世,印度板块继续向北推移,青藏块体受到强烈挤压和变形。此时,红河断裂由原来的左旋运动逐渐变成了右旋走滑。由于元江盆地受哀牢山山前断裂和中谷断裂的控制,当断裂带运动方向的改变,对早第三纪的沉积产生换向挤压。使膏林的沉积物发生褶皱和变形,产生断层和垂直节理。使已固结的岩石强烈变形,地层揉皱倾斜,倾角最大达 $30^{\circ}\sim 38^{\circ}$,一般 $20^{\circ}\sim$

25°左右,并产生片理化和发育一组交叉的X形垂直节理,这为流水侵蚀准备了条件。水流长期不断的下蚀、切割台地,是形成柱体的主动力作用之一。

元江彩色膏林形成过程中,气候特点是夏季有暴雨,由于植被稀少,土壤贫瘠,流水冲刷能力很强,容易形成冲沟,并使这些细沟不断加宽变深,形成林柱。当含膏盐的物质随水沿柱体表面流动时,由于气候干热,使膏盐物质在柱体表面凝固,形成天然保护壳,防止柱体进一步的遭水侵蚀。现今元江彩色膏林所在地仍属亚热带干热河谷气候,年降雨量796.4mm,年蒸发量高达2592.7mm,年平均气温30.6℃(极端最高气温42.3℃)。

这种少雨干燥的气候,使膏林柱保留的时间得以延长。由于暴雨频率少,新的柱体形成并不多,大多是对古环境条件下形成的柱体再改造。现今一年中的大部分时间里,元江彩色膏林地区干燥少雨,风化和片蚀作用对土柱几乎不起作用。因此,对林体的长时间保留作用极大。伴随着青藏高原隆升,在元江干热河谷环境下,突发性的暴雨,加剧了水土流失,淋溶作用剧烈,造就了元江彩色膏林。

由于土林、沙林成岩固结程度低,相对疏松,易于风化淋蚀、垮塌。而膏林,由于其含膏盐及泥质,成层性及固结程度较好,在干热气候条件下柱体表面形成膏盐质薄膜对膏林有保护作用,因此膏林形态相对稳定,林柱挺拔最高,色彩最浓重。这归因于彩色膏林的膏溶作用,属水合作用的类型,水合作用又称为岩石的水化和加水分解,是指某些矿物质吸收水分,水参与到矿物的晶格中去,改变了原来矿物的分子结构,形成新矿物的过程。这类作用只发生体态或结构变化的过程,其中并不包括根本性的化学变化。例如,硬石膏变成石膏,这是一可逆反应,即:



在彩色膏林所在地区,有石膏矿的分布,当地人称之为石膏箐,林柱体中也含有一定量的膏盐物质,属可溶性的硫酸盐岩

类。一般而言,区域性褶皱断裂在彩色膏林地区形成了垂直节理为主的裂隙网,成为地下水向下运动的通道,并与硬石膏物质发生水化反应,使之溶解淋蚀。在膏盐物质快速淋蚀的过程,体积会膨胀,硬石膏水化成石膏后,体积要膨胀 30%,从而加速了岩石的物理崩解,扩大裂隙,分割柱体。但在柱体表面流动时,由于元江干热河谷气候条件的影响,使石膏浆黏稠物质又迅速失水,凝结成薄膜状外壳。从硬石膏吸水形成石膏,再从石膏失水形成膏盐壳的过程,类似于粉状石膏加水后倒入模体待其干燥成形的机理。

在当地环境湿度的影响下,膏林中的黏土矿物可以反复发生水化与失水作用。雨后吸收水分,体积膨胀呈可塑状态,利于水流分割柱体,气候炎热干燥时表面流动的膏浆又容易失水,体积收缩形成非常坚硬的黏土,呈壳状覆于柱体表面,后由于干旱少雨的气候,水化过程减弱,而其逆反应过程产生的壳状保护现象反而保留下来。

按一般常理膏林易溶蚀,峰林地貌不易保存,但恰因膏林地层在干热气候环境下,膏盐渍化机制的特殊性,使膏盐成为膏林稳定的有利因素。这种特定的膏林形成机制,使膏林具有较复杂的科学性、较深的神秘性。

4.6 滇中林柱状地质景观特征类比

4.6.1 滇中“四林”的类比

前述内容,主要分析了滇中路南石林、陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林的地层岩性、构造、景观形态、成景作用和成景过程。现将它们之间在成景地层、景观形态、成景过程的共性和差异性,对比如下。

4.6.1.1 成景地层的对比

归纳而言,滇中“四林”的地层岩性特点可对比,见表 4-12。

表 4-12 滇中林柱状地质景观的地层岩性

林柱	成景地层	主要成分	物质结构	沉积相	成岩化程度
石林县 石林	大面积厚层二叠系碳酸盐岩地层, 二亿七千万历史的巨厚石灰岩	主要为碳酸钙、碳酸镁	晶体结构	海相	固结成岩
陆良 彩色沙林	第三系上新统 (N ₂) 和第四系 (Q) 的砂砾层	砂占 95% 以上	砂、泥质结构	滨湖相、河流三角洲相	呈半固结状态, 但基底岩层为中新统 (N ₁) 地层, 固结程度较高, 主要是已坚硬成岩的土黄色粉砂岩、砂岩和砂砾岩
元谋 土林	组成元谋土林的松散物质是上第三系至第四系 (上新世) 的一套厚达 700 余米的半胶结的河湖相地层。 产状平缓, 一般倾角小于 8°	砾石层、砂层夹薄层黏土和亚黏土层, 主要成分为黏土、粉砂黏土、砂、砾石等半胶结堆积物。有部分长石和云母等, 胶结物质均以铁质、钙质为主。 常夹有连续几层厚度几厘米的铁质胶结砂层和透镜体	以砂砾质结构为主。砂砾层常为粗层状, 单层厚 0.5~10m 左右, 其中部分被铁质胶结, 厚达 2m 以上。 柱体中介错层发育。 成分主要为小于 0.1805mm 的碎屑、黏土矿物及胶体物质组成	河湖相和三角洲相	半胶结及成岩度较高的砂砾石层
元江 彩色膏林	下第三系页岩、泥岩及粉砂岩沉积	页岩、泥岩及粉砂岩沉积	砂砾质结构	河湖相沉积	已成岩化

从地层岩性看,石林属海相沉积物。沙林、土林属河湖相沉积物。湖相沉积物由湖水边缘到湖中心,呈大到小的韵律变化,沉积物来自周边山区,或者是由于河流随流程距离加大,能量递减,沉积物也呈现韵律变化。石林是海相的巨厚石灰岩沉积经后期内外力作用而形成。在晚古生代二叠纪早二叠世及其之前的石炭纪、泥盆纪,石林地区为海洋环境,海洋里沉积了巨厚的海相碳酸盐沉积物,经长期成岩作用后,于早二叠世晚期被抬升成陆,遭受溶蚀与机械侵蚀,形成了规模巨大的喀斯特地貌。

另外,从沉积物的结构看:沙林属砂质结构大于0.005mm,虎跳滩土林粗细混杂。新华土林属黏土质结构,粒径有的小于0.005mm。而石林属晶体结构。从陆良彩色沙林含砂体的粒级和粒度看,含有2mm以上的砾石,磨圆程度大体为次圆至圆。砂介于0.05~2mm之间,主要为0.05~0.25mm的细砂岩,也有少量的粗砂岩(0.5~2mm)、中砂岩(0.25~0.5mm)、粉砂(0.005~0.05mm)。陆良彩色沙林、新华土林的沙有如黄土一般,为未充分胶结的粉砂,疏松多孔,但颜色多样,矿物成分以石英为主。陆良彩色沙林、元谋土林半固结的砂粒之间,主要通过胶结作用粘结在一起,最常见的胶结物质成分是硅质(SiO_2)、钙质(CaCO_3)、铁质(Fe_2O_3)等。

4.6.1.2 景观形态的对比

滇中“四林”景观形态特征对比见表4-13。总体上看,滇中“四林”均有林态之貌,单体有柱体之形。林柱状类型、柱体形态与组合多样,沟谷、台地、峰柱、峰林发育,柱体表面常见各类沉积层理、韵律结构,象形景点拟人拟物,差别并不十分明显,意境独特。石林雄浑、大气、气势不凡,陆良彩色沙林色彩变幻,元谋土林沧桑古朴,元江彩色膏林奇妙精致。各种景观要素的良好组合,使滇中“四林”不同程度地体现旅游观光价值,能充分激发游客的旅游愿望并调动游人的想像力。

表 4-13 滇中林柱状地质景观的形态特征对比

景观特征	路南石林	陆良彩色沙林	元谋土林	元江彩色膏林
景观类型	属岩溶地表发育地貌。 有溶沟、石芽、石林、石林洼地、石林岩丘、石林槽谷、石林岭背、石林坡地等单体及复合形态	属流水侵蚀土地地貌。 主要类型有峰林、峰丛、峰柱、平顶万山、残积台地、陡壁、彩屏等	流水侵蚀土地地貌。 冲沟、台地、柱体为主要造型类型。 形状多样,有锥柱状、城堡状、峰丛状、城垣状、幔状、雪峰状等	构造侵蚀中高山地貌、流水侵蚀土地地貌。 以峰柱、切割台地等类型为主
柱体形态	剑状喀斯特、塔状、蘑菇状、不规则状为主。 各石柱的顶部高度相似,古高原剥蚀面轮廓依然清晰。 岩石表面的藻类等生物物理和生物化学作用,形成了表生钻孔、溶孔等微形态,是石林喀斯特表面溶痕系统宏观形态的发育的基础	单一沙柱高度在10~30m。 少数柱顶有褐铁矿薄壳或草丛为“帽”。表面有水流冲刷痕	单一圆锥状的土柱可高达42.8m。 土柱顶常以铁质、钙质薄壳层为柱顶“帽”,少数以草丛为顶“帽”。 柱体表面有时可见溅蚀坑、水流冲刷痕等。 造型多变,似利刃、尖塔、土堡、城垣、屏风、天然桥	柱体多下粗上尖,且稍带浑圆,高约40~50m,峰丛在平缓斜坡上高百余米。 较大膏林柱顶常以草丛或大石为柱顶“帽”,少数柱顶无“帽”。 柱体表面有一层1.5~3.5cm,含石膏泥浆状外壳,表面呈细密蜂巢状和暴雨雨滴溅蚀坑,或具泥流痕、重力水流冲刷痕等
色调	灰色为主。 石林柱体表面色彩的特点大多由柱表生长的低等植物的种类决定。 柱体表面的黑色,往往是蓝藻引起。 铁红色可能由铁锈所致。 浅白黄绿菊花形图纹就是柱体表面生长的地衣	沙体色彩多样。白、灰、黄、褐、赭、黑、绿、红、紫、橙等色均有。灰白、土黄为主色调,灰紫、水红、蓝灰、绿、黑等为次色调。主体色彩随阴晴、光照的不同,颜色也发生变化多呈彩色的层状、似层状、条带状、透镜状,也有呈不规则状	土黄、灰白、棕红为主色调。紫、砖红、棕黄、白色为次色调	主色调为赭铁锈红、翠绿、土黄等。次色调为暗紫、水红、蓝、黑、灰、白等。 色彩除本身的多样外,还会随阴晴、时间、不同强度、不同角度的光照作用而发生变幻

续表 4-13

景观特征	路南石林	陆良彩色沙林	元谋土林	元江彩色膏林
象形景点	柱体可离性强,象形程度高。 有“万年灵芝”、“连峰剑池”、“凤凰梳翅”、“双鸟渡食”、“象踞磐石”、“阿诗玛”等象形名称 200 余个	沙林已命名的景点多达 108 处,主要有“墨王出征”、“八仙过海”、“蘑菇腾云”、“雨后春笋”、“桃园结义”等	象形造型形如利剑,挺拔的武士,展翅的大鹏、古城幽堡、剑指苍穹、骆驼漫步。 分布在古堡幽情、骆驼峰、欧亚奇观等支沟,象形景点 50 余处	有的如峰林,有的如擎天柱,有的似塔林、钟鼓楼,但还没有正式命名景点
层理类型	水平层理为主	有斜层理、交错层理、槽状层理,平行层理极少	斜层理,交错层理发育,平行层理少	有平行层理,少斜层理

4.6.1.3 成景过程的对比

路南石林、陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林的成景过程具有一定的可比性,可用以下图表(图 4-14,表 4-14)作相应解释。并与地质历史和事件表对应说明,见表 4-15。

表 4-14 林柱状地质景观的发育阶段图表

发育阶段	石林	沙林	土林	膏林
图 4-14 所示 ①阶段	约在二叠纪时期形成活动构造盆地,沉积巨厚石灰岩	约在第三纪时在陆良一带形成狭长的断陷盆地,沉积了第三纪碎屑岩建造	上第三系至第四系(上新世—早更新世)时,盆地中形成一套厚达 700 余米的半胶结的河湖相松散物地层	第三纪时形成含石膏和炭泥质等的页岩、泥岩及粉砂岩沉积。成景的母岩是下第三系

续表 4-14

发育阶段	石林	沙林	土林	膏林
图 4-14 所示 ③阶段	早二叠世沉积石灰岩后至 50~20Ma 前的早第三纪始新世—渐新世,地壳间歇式掀斜抬升,开始接受岩溶作用	原岩固结,且间歇式抬升,大约发生在 3000 万~1500 万年前	第四纪随新构造运动的发生,土林台地随地壳上升运动抬升,接受流水侵蚀	第四纪以来的新构造运动,使本区进一步抬升到地表之上,膏林台地接受流水侵蚀
图 4-14 所示 ④阶段	第四纪以来进一步抬升,流水不断冲刷	沙林台地进一步抬升,开始接受侵蚀	继续抬升形成平台,流水进一步侵蚀	流水侵蚀作用继续进行,膏林锥形渐现
图 4-14 所示 ⑤阶段	台地沿节理分割形成方山,柱体初成	雏形期,在垂直节理发育处,流水切割,台地开始解体,分裂	台地向方山发展,台地分割,裂隙初现	流水作用下发生平台—方山—峰墙的变化。柱体加高
图 4-14 所示 ⑥阶段	流水沿垂直节理下渗,溶蚀加强,形成峰丛	幼年期,流水向下淋蚀,林柱形态初现	流水沿裂隙下渗分割,林柱景观初现	流水沿方山,峰墙中垂直节理和裂隙切割,柱芽形成
图 4-14 所示 ⑦阶段	溶蚀加强,裂隙进一步发展,形成峰林	中年期,流水向下切割加深,形成较高林柱	流水使裂隙进一步加宽加深,林柱景观成熟	林柱发展到更高的林柱
图 4-14 所示 ⑧阶段	时间延伸,溶蚀发展,形成残蚀峰柱	老年期,柱体在不断淋蚀及受重力作用,崩塌破坏,形成柱体残余	流水、重力等作用,使柱体崩解消失,林柱景观衰亡	林柱在外力作用下崩塌,形成后期残余峰柱

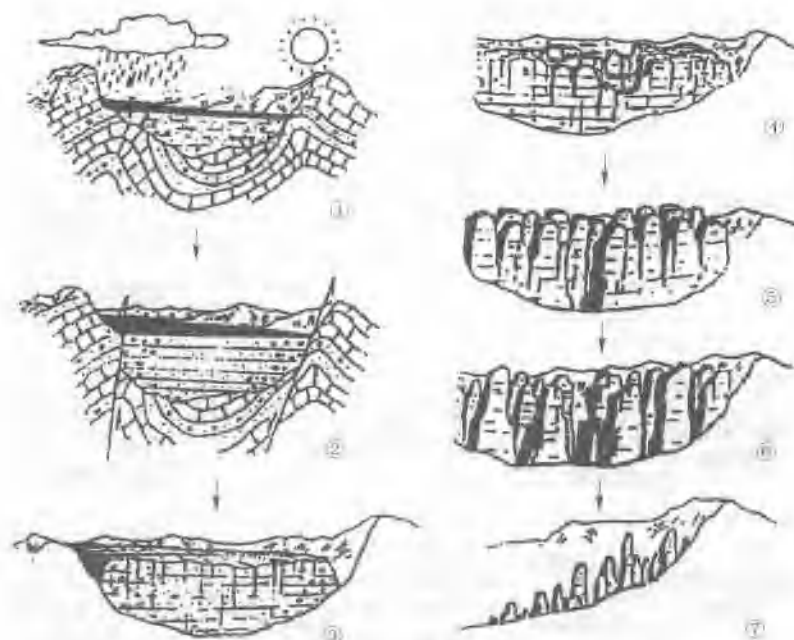


图 4-14 林柱状地质景观的成景作用过程 (据潘江资料)

表 4-15 滇中林柱状地质景观的演化与地质历史的对应

宙	代	纪	距今时间 /Ma	林柱状地质景观 演化事件	主要进化事件	
显生宙	新生代	第四纪	1.75	石林、沙林、 土林、膏林进 一步发育演化, 形成今日形态	哺乳动物时代	被子植物时代
		新近纪	23.5			
		古近纪	65	沙林、土林、 膏林原岩形成		

续表 4-15

宙	代	纪	距今时间 /Ma	林柱状地质景观 演化事件	主要进化事件	
	中生代	白垩纪	135	石林所在地区 随地壳运动 间歇式抬升, 原岩变成台地, 接受流水侵蚀, 发生岩溶作用, 林柱体形成和 演化	恐龙时代	裸子植物时代
		侏罗纪	203			
		三叠纪	250			
	古生代	二叠纪	295	石林原岩形成	两栖动物时代	蕨类植物时代
		石炭纪	355			
		泥盆纪	410		鱼类时代	
		志留纪	435			
		奥陶纪	500		无脊椎动物 时代	藻类时代
		寒武纪	540			
元古宙			2500		细菌时代	
太古宙			4600		生命形成时代	

4.6.2 陆良彩色沙林、元谋土林与元江彩色膏林的类比

陆良彩色沙林、元谋土林与元江彩色膏林虽形状相似,在其他方面也有较多类似,但差异性也较为明显,见表 4-16。

由表 4-16 可以看出,沙林、土林地质特征还有以下几个共性:

(1) 成景过程与作用的相似性。形成过程均经历了原岩形成—地壳运动使原岩抬升降起—发生侵蚀作用并成景等几个阶段。林柱的形成一般与新构造运动中地壳的适当抬升有关。因为上升相对强烈可导致流水对岩层、沙层、土层更深的切割与侵蚀。滇中林柱状地质景观均处构造抬升区。滇中林柱状地质景观地处云贵高原有大片红土分布的地区,海拔近 2000m。红土的出

现一般是新构造运动导致地壳抬升的结果,原因是古红土原是低海拔之物,后经新构造运动的抬升作用,才出现在高海拔地区。

表 4-16 淋溶型林柱状地质景观的成景特征比较

比 较		陆良彩色沙林	元谋土林	元江彩色膏林
共 性		(1) 均为内陆湖泊沉积的碎屑岩系,成景母岩都为新生界; (2) 成景区气候、水热条件、生态环境类似,为干热、蒸发量大的环境; (3) 区域内都没有强震; (4) 地表植被为稀疏草丛; (5) 成景作用相似,都属于水土流失极端现象,为第三系地层经地表水滑垂直节理侵蚀、淋蚀而成的峰林地貌; (6) 垂直节理发育,为流水侵蚀准备条件		
个 性	成景地层	陆良彩色沙林成景母岩为上第三系至下更新统,岩石半固结,为河、湖相沉积	元谋土林、成景母岩为上第三系至下更新统,岩石半固结,为河、湖相沉积	元江彩色膏林的成景母岩稍老,为下第三系,已固结为岩,地层中含石膏矿物,但因构造作用地层揉皱破碎、片理化,岩层倾斜
	构造活动与面积	陆良属构造平缓抬升区,沙林景区面积较大	元谋土林属构造平缓抬升区,土林景区面积大	元江盆地西侧哀牢山强烈抬升,原下第三系分布呈狭条状,因此膏林景区面积小
	成景环境	沙林的成林物质是淡水湖产物	土林成林物质是淡水湖产物	从原岩沉积环境看,膏林的成林地层为咸化湖泊蒸发作用
	成景物源	沙林来自牛头山古陆相对较纯的石英砂岩、石英长石砂岩,色调为浅灰、黄、浅红色	土林来自元谋古陆变质砂板岩等复杂岩系,色调呈单一的土黄色	从物质来源看,膏林物源为哀牢山变质岩系泥质岩系为主,色调为紫红、灰绿、土黄色
性	成景特征	以沙谷、沙柱、沙屏、沙壁等景观类型为主,象形景点多,可离性强,柱体高可达 20m 以上	几片土林的景观以冲沟两侧分布的土柱、合地峰柱等类型为主,形状多样,象形景点多,可离性强,柱体高达 10m 以上	彩色膏林土柱外表普遍有一层含石膏泥浆状外壳保护,使岩石已片理化、破碎,岩层倾角达 $20^{\circ} \sim 38^{\circ}$,高达 30 ~ 40,土柱不倒

沙林、土林、膏林的形成遵循沟谷地貌形成与演化发育的规律,在流水作用下,由于在不同的部位作用方式和强度不同,在上游形成集水盆、中游形成沟谷、下游形成扇形地。中游的沟谷地貌,在形状上表现为槽形洼地,小的仅长10余米,大的可达数十公里。沙林发育Y形冲沟,虎跳滩土林,新华土林、班果土林及元江彩色膏林中沟谷纵横,长度和深度不一,以元谋的几片土林冲沟发育最甚。

林柱高度的差异,往往与侵蚀强弱有关,切割越剧烈,下蚀力越强,林柱更为发育。侵蚀作用强弱大小与斜坡的洗刷(片蚀)作用有关。一般说来,降雨在斜坡表面上形成细小股流,在重力作用下往坡下流动,带走雨滴冲溅起来的泥沙,对坡面上松散的土层产生较均匀的破坏作用。一般说来,坡度 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 冲刷侵蚀能力最强。在近分水岭处的微洗刷带坡度小,汇水量有限,冲刷能力弱,坡面沙粒基本不下移。斜坡下部,坡度较缓,片流冲刷力减弱,片流沿坡携带的碎屑物堆积在此,形成坡积物。但在坡度较大的地段,冲刷能力加强,切割台地,易形成林柱。当坡面缺乏植被保护时,更加重了侵蚀作用,产生水土流失的同时,林柱也相应形成。

(2) 岩性松散。淋溶类林柱状地质景观相对于漫长的地质年代来说,形成时间并不长,有的地段还正在形成。除元江彩色膏林外,沙林、土林成岩作用微弱,岩性松散,呈半固结状态,并未固结成岩。这一特点有利于将古环境古气候等信息保存下来,易于进入其内部加以研究。但由于松散,容易崩塌和流失,一些造型独特的柱体可能消失。因此,要针对这类地质景观岩性松散、成熟度低、易风化和成岩作用微弱等特点,采取合理的保护措施。

从直观感觉看,陆良彩色沙林的沙在两手指间摩擦,可以感觉到单个的沙粒,用肉眼也可看到。元谋新华土林的泥与黏土均很细小,单一的泥用肉眼难以分辨,用手指摩擦感觉有滑腻感,但在牙齿间有沙粒般的感觉,黏土在牙齿之间有光

滑感。

元谋土林和陆良彩色沙林物质组分是有区别的,砂在陆良彩色沙林中的比例要比土林中的砂大得多。元谋新华土林更具土林的特点,成景物质以黏土为主,较为松散;相比较而言,虎跳滩土林的有些部位,由于有胶结物将砾石、砂等物组构起来,犹如混凝土式,非常紧密,但没有胶结物的部分,黏土与砂比例增加,成景物质松散。

(3)有明显的层理和韵律结构。林柱状地质景观大多可见水平层理,由分选较好的细沙组成,层理的倾角一般在 10° 以下,也有斜层理,倾角一般在 $25^{\circ}\sim 34^{\circ}$ 之间,层理面常是弧形的,单个纹层的厚度一般为 $2\sim 5\text{cm}$,还有交错层理,砂在沉积过程中,由于受两个相反方向的沉积作用的影响使不同的层理交错出现,形成楔状交错层理。

由于河流和湖相沉积的作用,使沉积物可见细沙—粗沙—砾石的沉积变化规律。林柱体岩层一般发育大型平行层理、斜层理,以及清晰的粒级韵律层理,给人们推测柱体物质的沉积过程提供了一个直观的依据。动荡的湖水来回推移砂砾堆积物,像耙犁一样把本来杂乱堆积的砂砾推平就形成了平行层理;动荡的湖水和河流流水把松散砂砾推得厚薄不一甚至呈波浪状,就形成了斜层理;随季节、水流大小变化,流水从山上搬运下来的砂砾的粒度也粗细交替,从而形成了粒级韵律层理。

例如,沙林的沉积结构符合冲积扇相、湖滨相、河流相的一般规律。

从南面的五峰山向北面的陆良盆地,沉积物的粒度由粗变细,砾石层减少、变薄,甚至消失,从扇顶到扇缘分选由差到好、磨圆度从差到中等,扇顶一般为砂层和含砾砂层,具平行层理,水平纹理,也有交错层理的粉砂层、水平纹理砂层、透镜状砾石层;扇缘为波状交错层理粉砂层、水平纹理砂层;临近盆地边缘的湖泊地段,主要为具平行层理的细砂层、中夹炭层交错层理粉砂层、水平纹理泥层。砾石层结构为基质支撑。砂层中发育

交错层理、水平层理、季节性韵律结构,具典型的冲积扇相与湖泊相特征。

(4) 风化、水土流失现象明显。沙林、土林、膏林大多无植被覆盖,裸露于地表。受气候交替变化、风雨的影响,水土流失不可避免,并不断改变着地貌状态。为独特地貌景观的保护带来较大困难。

(5) 均含有第四纪化石。如贝壳类、煤相类化石。

通过上述对比及成景地质特征的研究,认识到滇中林柱状地质景观的形成具有一些共同性的成景因素和作用。主要表现在以下几方面:成景地层的近水平微倾产状有利于林柱状造型的稳定;剥蚀台地的微倾斜及侵蚀沟形成,利于地表水渗漏、疏通,利于林柱体的保护;构造叠加的构造格局制约景观造型形成的基本格局,构造应力的叠加导致造型的复杂化,小断裂、小节理进一步使林柱体景观改变;垂直节理的发育利于垂向淋蚀,分割台地,形成多样化的柱体,如石芽、溶痕、峰林、峰丛、峰柱、土柱、土墙、沙壁、沙屏等;水流侵蚀性是加剧林柱体侵蚀、淋蚀,景观形成的重要因素;气候条件的适宜也是重要的成景因素。

滇中林柱状地质景观发育演化、成景过程等方面具有一定的共同性,较为相似,均经历了原岩形成、原岩抬升成台地、台地再接受侵蚀的过程,但成景时代、演化发育的阶段有一定差异。沙林与土林虽处沉积阶段,但并未压实和固结成岩,属松散或半固结沉积物的演化,而路南石林、元江彩色膏林属固结成岩的地层演化。滇中林柱状地质景观均为沉积物或沉积岩,因此,具备一些沉积物的共同特征。

4.6.3 路南石林与武陵源石英砂岩峰林的类比

路南石林与武陵源石英砂岩峰林均为世界地质公园,林柱发育,在成景岩性、景观形态、成景作用等方面均可对比,以体现它们的共同性和差异性,见表 4-17。

表 4-17 路南石林与武陵源石英砂岩峰林的对比

比较项目		路南石林	武陵源石英砂岩峰林
成景岩组		发育于下二叠统栖霞组 (P ₂ q) 白云质灰岩和茅口组 (P ₁ m) 灰 岩中	上古生界中上泥盆统云台观组 (距今约 3.8 亿年前) 一套厚约 500 余米的紫红、灰白色石英砂岩
成景岩性		质纯、层厚的灰岩	厚层石英砂岩夹薄层、极薄层 云母粉砂岩或页岩。这一层组结 构有利于自然造型雕塑, 增强形 象感。质纯、石厚, 石英含量为 75%~95%, 岩层厚 520 余米
影响 成景 因素	垂直 节理	地处断陷盆地, 断层、抬升等 地壳活动剧烈, 岩层破碎, 断裂 与垂直节理发育	岩层垂直节理发育, 有北东向、 北西向和南北向三组垂直节理, 显示等距性特点, 间距一般 15m 至 20 余米
	构造 运动	在原岩形成后, 新生代以来大 幅度掀斜, 间歇性地壳抬升运 动, 接受侵蚀	喜山及新构造运动是形成武陵 源奇特的石英砂岩峰林地貌景观 的最基本的内在因素之一
	气候	潮湿的亚热带气候, 以及未受 末次冰期的大陆冰川刨蚀等	常年气候温和, 雨水丰沛。年 降雨量为 1200~1600mm
	岩层 产状	产状平缓 (3°~5°)	产状近水平 (5°~8°), 局部最 大达 20°, 增加了岩石的稳定性
	外力 作用	化学溶蚀作用、重力崩塌、风 化、生物作用等	流水侵蚀切割、重力作用、物 理风化作用、生物化学及根野等 多种外营力的共同作用
成景发育 阶段		石林景观发育过程, 可划分为 幼年期、青年期、壮年期到老年 期四个阶段	陈国达划分为石英砂原料准备 期、沉积压实期、抬升至地平线 之上的时期、砂层雕塑期四个 时期
景观特征		岩柱上少有植被, 碳酸盐岩林 柱没有石英砂岩峰柱的外形轮廓 棱角清晰	峰柱上植被茂盛, 柱体高度 高于石林

对比表明,路南石林与武陵源石英砂岩峰林垂直节理均很发育,都有原岩台地形成后的掀斜上升运动,气候温暖湿润,易于溶蚀、侵蚀作用的发生,岩层产状近似水平,外力作用均还有生物作用、重力作用的参与。但成景岩组、岩性、形成演化的时期、成景作用等方面存在差异,林柱高度、数量也以张家界石英砂岩峰林为最。

4.6.4 路南石林与桂林峰林的类比

峰林地貌 370 多年前徐霞客就有记载:“此耸立之峰,西南始于此(指云南罗平),东北尽于道州(湖南道县),磅礴数千里,为西南奇胜”,峰林地貌广泛分布在桂中、桂西、贵州、湘南、鄂西、滇东三十余万平方公里的范围内。以桂林阳朔为代表。

路南石林虽与桂林峰林同属岩溶地貌,为同一成景岩性类型的林柱,但在分布规律、地质特征、景观特征等方面均有差异。在峰林与石林的认识上,意见并不统一。有学者认为峰林在地质科学上的命名为塔状岩溶、圆锥状岩溶、锥状岩溶(袁道先,1993);有的专家认为峰林专指锥状喀斯特;有的专家还强调石林就专指高大的石芽,不同于有塔状岩溶、圆锥状岩溶、锥形岩溶之称的峰林。从滇中路南石林到桂林峰林的范围内,林柱类型复杂,受岩石、构造的综合影响,加之成景岩组成分复杂、相变剧烈,且小区域内成景地质的环境条件变化大,出现剑状、塔状、锥状林柱形态的变化,呈多种景观并存的格局。但一般仍认为路南石林与桂林峰林尽管成景岩性类型一致,但景观形态还是有一定差异。

以桂林阳朔为代表的锥状、塔状峰林,主要形态类型也有峰丛、峰林、孤峰等。

路南石林与桂林阳朔峰林的异同,可列表对比如下,见表4-18。

锥状、塔状峰丛的景观特点是数座石峰耸立在共同的宽大基

表 4-18 路南石林与桂林阳朔峰林的对比

比较项目	路南石林	桂林阳朔峰林
景观类型	路南石林是形态高大的、发育于石灰岩上的石芽柱构成的林状地貌 石林县以针状(或剑状)喀斯特(pinnacles karst)为主,柱顶无明显弧度弯曲,兼有塔状喀斯特的分布	阳朔峰林形态上为一定曲率的锥状石灰岩岩柱,峰柱并不尖锐 峰林属锥状喀斯特(cone karst),国外也称kegel karst,而我国习惯称为峰林喀斯特,中美洲称cockpit karst 景观典型形态为圆锥状峰丛洼地、峰林
景观特征	路南石林的相对高度一般在20m左右,高者可达50m左右,以剑状为主	柱体呈圆锥状,平均高度74m,高可达百余米,峰林柱体的基座不相连,没有连续的山脊,四壁陡峭,平地拔起,峰丛柱体基座相连,也很高大
成景地质地质特征	发育在厚层、巨厚层、质纯的下二叠统茅口组 and 栖霞组碳酸盐岩中,地层产状平缓,岩性脆,易于产生两组X形节理	发育在二叠纪等时代不同的石灰岩和白云岩中,岩层厚度大,质地纯,含杂质较少

座上,石峰的相对高差(从鞍部向上至峰顶)小于基底的相对高差,从相邻洼地或盆地向上到鞍部,洼地与盆地都不在同一溶蚀基准面上。圆锥状山体有的孤立,有的成群矗立,具有共同的基座,发育在近于水平或倾角很小,岩性不太纯的条件下,在坡面上没有深切的沟谷。峰林没有共同的基座。受强烈溶蚀,高可达100~200m,坡度很陡,45°以上,常循构造方向排列。发育石芽与溶沟,内部发育溶洞、落水洞及暗河。在产状水平、厚层、质纯的石灰岩区,多发育圆筒状石峰,边坡陡峭,称独秀峰式,在产状水平,质地不纯的石灰岩区,常发育基部大,顶部小的圆锥状,在褶皱两翼岩层倾斜的石灰岩区,常出现单斜式石峰,称为老人式峰林。而路南石林的林柱形态以剑状为主。

路南石林与桂西、桂东岩溶峰林纬度相近,在空间上自西向东,地貌演化特征不同,所形成的岩溶石林与峰林景观形态也具

有不同的特色。其演化如图 4-15 所示,滇中至桂东岩溶林柱发育演化对比可见表 4-19。

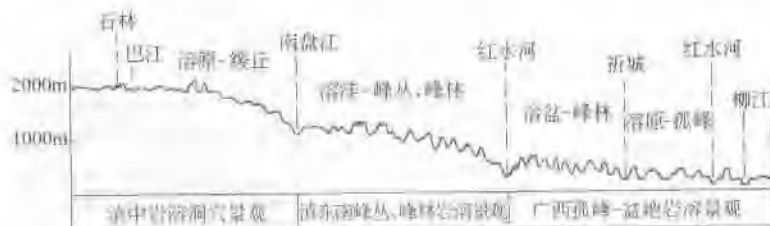


图 4-15 滇中至桂东岩溶地貌的变化 (据自然地理图册资料, 2003)

一般认为,喀斯特林柱这种在空间上的形态变化,除与区域地层岩性、地质构造有关外,也是区域地貌演化的结果。

从区域地貌演化看,石林集中发育并得以保存,与石林属地貌裂点以上的地区有关。中生代本区整体隆升夷平,形成喀斯特高原面。喜马拉雅运动时期,青藏高原隆起带动了石林地区整体隆升成高原,并与南盘江东部地区分离,在巴江汇入南盘江处形成一断层式地貌裂点。这种处于分水岭附近,地貌裂点以上的地形特点,限制了南盘江的溯源侵蚀,对高原面上的林柱有一定的保存作用。另外,新构造使地壳抬升,逐次降低了侵蚀基准面,使原有高原面上的石林得以保存和继续发育,高原面虽尚未完全解体,但具有石林期剥蚀面的特点。

表 4-19 滇中至桂东岩溶林柱发育演化对比表

岩溶发育期	地质年代	地壳运动	滇中岩溶林柱	桂西—桂东岩溶林柱
第三岩溶期 (S3)	第四纪 (Q)	喜山运动 III 幕 (上新世末开始的新构造期)	南盘江期,地壳强烈上升,南盘江峡谷形成。河流裂点以下溯源侵蚀加剧,河谷低洼地带发育岩溶。岩溶形态多样	红水河期,西部红水河深切,为峰丛—溶洼及峰林—溶盆山地,东部相对稳定以溶原—峰林为主,岩溶形态多样,具有数层溶洞

续表 4-19

岩溶发育期	地质年代	地壳运动	滇中岩溶林柱	桂西—桂东岩溶林柱
第二岩溶期 (S ₂)	晚第三纪 (N)	喜山运动第Ⅱ幕	石林期, 属亚热带。热带气候, 时间长, 地壳相对稳定, 岩溶发育充分。形态丰富。以路南石林发育最为典型, 海拔 1600~2000m, 有较厚的风化壳。高原面分割加剧, 溶岩面上发育峰柱、溶盆、溶斗、岩丘、溶洞等地上地下岩溶地貌	峰林期, 属亚热带。热带气候, 时间长, 地壳相对稳定, 岩溶发育充分。形态丰富。以海拔 200~1000m 左右的峰林顶面为主
第一岩溶期 (S ₁)	早第三纪 (E)	喜山运动第Ⅰ幕	岩溶高原期, 隆升阶段, 剥蚀作用强于岩溶作用, 形态单一, 保存较差。海拔 2500~3000m, 以丘峰与溶蚀洼地、溶痕等形态为主	岩溶高原期, 隆升阶段, 剥蚀作用强于岩溶作用, 形态单一, 保存较差。桂西期, 海拔为 300~1500m 的峰顶面。自西向东降低, 西部有峰丛—溶洼, 桂东为孤峰—溶原
前新生代岩溶期 (S ₀)	白垩纪 (K)	燕山运动	隆升阶段, 炎热少雨, 剥蚀作用强于岩溶作用, 林柱形态遭受破坏。保存下来的不多, 以残留的峰顶为主	同左。残留的峰顶, 桂东为海拔为 350~400m, 桂西约为海拔 1500m 以上

注: 据王宇资料整理。

喀斯特林柱在空间上发生了形态上的变化。由滇中路南石林为代表的剑状石林向广西圆锥状为主的峰林盆地的变化, 路南石林以剑状形态为主, 以阳朔为代表的桂林峰林主要以圆锥状、塔状为主, 形态上两者有一定的差异, 虽然这种差异不是绝对的。

石林所处的云贵高原喀斯特区, 石林形态是独特的剑状喀斯特: 从宜良、石林县至南盘江, 主要为喀斯特丘原区, 古夷平面保留较好, 除石林形态外, 局部可见圆锥状峰丛和峰林地貌, 如

泸西附近；过南盘江进入滇东南喀斯特区，圆锥状峰丛洼地和峰林盆地等组合形态更为常见，如丘北、砚山一带。

过红水河后，以广西圆锥状峰丛、峰林盆地和孤峰平原为主要特色，如百色、柳州、桂林一带。

桂西区正处地貌裂点区，高原岩溶面已解体，在峰顶面形成圆锥状峰林、峰丛，属垂直下渗发育阶段，流水下蚀形成许多溶蚀洼地。

桂中区处岩溶演化的过渡阶段，下蚀形成宽盆形溶蚀盆地和峰林。

桂东属相对稳定的时期，地下水以水平径流为主，孤峰耸立，溶穴成层，是在第三纪溶原发育的基础上发育的溶原孤峰。

桂西从大地构造分区来看属华南褶皱系，加里东褶皱带，广泛发育晚古生代碳酸盐岩地层，中泥盆统至中三叠统碳酸盐岩厚3000~5000m，泥盆系地层主要矿物成分为白云石，因含有一定数量的二氧化硅及其他酸性不溶物，岩溶发育中等—较强，线岩溶率2%~30%，面岩溶率4%~5.5%，常见岩溶形态为浅碟形洼地、漏斗、石芽原野、小型溶洞。三叠系地层主要矿物为白云石或方解石，二氧化硅及其他酸性不溶物含量低，成分较纯，质硬性脆，岩溶发育强烈，线岩溶率10%~40%，面岩溶率10%~30%，常见大型漏斗、峰丛及峰林洼（谷）地、竖井、天坑等地表岩溶形态，大型溶洞及暗河发育。

路南石林与桂林峰林的对比表明，两者虽同为岩溶型林柱，但在景观形态方面有一定差异，前者以剑状喀斯特形状为主，后者以圆锥状为特色，由于受构造运动的影响，使岩溶地貌在空间上发生了一定规律的变化。



LÜYOUJIAZHIPIAN

旅游价值篇

滇中林柱状地质景观旅游价值



讀書付舊知

讀書付舊知 卷一 李丹 著 中華書局

一般而言,滇中林柱状地质景观作为一种重要的旅游地质资源,其旅游价值的评价,应主要涉及以下几方面的内容:

(1) 科考价值:考察在旅游区中有无具有较强的科学意义的旅游地质景观,因其科学意义的专业性很强,不适合广大旅游人群作观赏性、休闲性旅游地质景观。它只适合开展专题性或专业性的科普/科考旅游。

(2) 观赏价值:考察其能否成为高品级的景色秀丽、造型独特、生态环境优美的旅游风景名胜区,发挥休闲旅游功能,观光旅游的品位越高,也具有很高的旅游价值。

(3) 文化价值:考察其是否具备给人增长文史知识和文化素养的功能,有无历代文人墨客留下的遗迹。风景区文化景观美的关键在于与自然景观美的协调和加强,任何历史文化都是一定的地域空间内产生而存在的。一般来说,地理环境对历史文化的影响是很显著的。

(4) 特殊价值:考察其是否具备可供疗养(如某些温泉)、或开展体育与探险活动(如登山、滑雪、攀岩等)的旅游功能。

如上述各项旅游价值集于一体,且品级较高,无疑将整体提高地质景观的旅游价值。

5.1 林柱状地质景观的旅游地质特征

滇中林柱状地质景观作为一种独特的旅游地质资源,具有以下基本特征:

(1) 奇异性:林柱状地质景观形态多样,且有其科学内涵,

是外延及内涵都十分丰富的地质奇观。对于缺乏地质知识的人们来说,对林柱状地质景观科学内涵的揭秘,对这类地质奇观的认识,通常都具有神秘感、奇特感,能引起人们观赏欲望。

(2) 多样性:林柱状地质景观类型多样,景观形态变化丰富。同样是地壳内生营力的产物,因外部条件的差异可形成截然不同的形态特征。例如,相似条件下形成的碳酸盐类地层,在不同的自然环境中,有的形成峰林地貌(又有不同的石林式或桂林式),也可形成洞穴、溶洞;有的形成陡峭的悬崖峡谷,也可形成低缓的山丘。同质异形,异质异形的林柱状地质景观能让人们类比观赏,增长知识。

(3) 古老性:林柱状地质景观是历经漫长地质历史的演化遗迹的综合呈现。期间的地质作用和发育过程,均不是人类历史所能涵盖的,漫长而古老,标志了地球沧桑巨变的林柱状地质景观,让人心怀追古探奇的愿望,思索遥远过去的奇异变化。

(4) 丰厚性:错综复杂的地质作用过程、形态丰富的景观,使林柱状地质景观具有容量极大、内涵丰富的科技含量,适于开展观光、科考、科普等旅游活动。

(5) 地域性:林柱状地质景观以其独特、罕见的特点,有其特定的地域性分布。它因特殊的地质构造条件加上特殊的近代的自然地理环境,才形成现今特殊的具观赏意义的地质奇观。这种旅游地质资源的地域局限性,使林柱状旅游景区具有奇异性,甚至成为“独一无二”的旅游资源,极大地吸引了求异观赏的人们。以上滇中林柱状地质景观所具有的基本特征,使其具备丰富的旅游功能,如观光、科考、科普、休闲、环保教育等多重功能。

5.2 旅游价值评价的因子特征及评价方法

5.2.1 旅游价值评价的因子特征

旅游价值研究事实上是指对旅游资源本身价值及其外部开发

条件等进行综合评价的过程。影响旅游价值的因子很多,选择符合评价对象的因子,才能客观地反映旅游地质资源的旅游价值。评价旅游价值,应首先清楚影响旅游价值的因子特性。一般说来,影响旅游价值的因子具有以下特性:

(1) 综合性。影响旅游价值的因子是多样的,涵盖各方面。如对旅游资源本身价值的评价,是对旅游资源自身品质和丰优程度的评价。包括美学观赏性、历史文化性、科学性、奇特性、规模与组合状况、旅游功能、旅游环境容量等指标。旅游开发条件评价的指标包括区位条件、客源条件、自然环境、经济环境、社会文化条件、三大效益(经济、社会、环境)等多项因子。而且因子还具有层次性,有大类、类、层之分,相互间有一定的包容关系。上层因子往往又由更多的下层因子所组成,正是这些多重因子和条件决定旅游价值大小,构成了评价因子体系,因而具有系统性和综合性。

(2) 差异性。指影响旅游价值的因子重要性的程度不同,有的在旅游价值权重中占有较大的比重,有的所占比重较小。因此,遴选出的评价因子应具有代表性和重要性,能反映资源特色和资源地特征,不能也没必要面面俱到。例如,对于观光旅游资源而言,景观本身的优美度因子在评价权重中占有较大权重,要与其他因子有所区别。

(3) 本底性。影响旅游价值的因素有自然的、人为的;先天的、后天的;客观的、主观的。除了人造景观外,自然景观无不是以其自然天成之貌,吸引广大游人,本身就蕴含旅游吸引力,资源品位是基础,如果景观本身未具旅游特质,即使有其他的基础设施建设,也无济于事,因此资源本底性是旅游开发的前提,也是旅游价值的基础。旅游资源本身的价值禀赋包括景观的美学价值,科学文化价值,景观要素出现的频率,景观的数量、面积、三维态势、规模大小等,景观在国内外出现的机率(罕见度),色彩,旅游环境容量、景观的安全性和稳定性,与其他类型景观和其他地域景观的配合程度,景观的集中程度、旅游游

期。这些因子相对于旅游地理环境条件、旅游开发条件而言,比较稳定和客观,相对不变,是蕴含在资源本身内部的价值反映,是后续旅游开发利用的基础条件,正是旅游资源本身的吸引力和价值禀赋决定了旅游业的发展,因而旅游资源的本底性因子,在旅游价值评价中占有较大比重。

(4) 主观性。影响旅游价值的因子,除了自然本底性因子外,人们可调控的因子对旅游价值的影响也极为重要。如资金、区位、交通、人才等因子,是可变的,人为的。如客源条件、区域经济和社会发展条件、知名度、空间相互竞争与互补条件、旅游服务设施、交通通讯条件、资本条件、建设用地条件、景观环境质量、广告宣传程度等因子,就属具明显人为性特征的因子,可塑性较强,具有可变性、有一定的主观性,可通过人的活动,改变现有因子状况,因而具能动性,是景观旅游价值体现的外因。

(5) 动态性。旅游价值不是从来就有的,由于各方面的因素,“藏在深闺人未识”,旅游价值未能体现,如陆良彩色沙林原为采沙、卖沙之地,后经科学认识,才逐渐发展成为国家4A级风景名胜区。可见旅游价值的体现有个过程,是动态的。这就提示我们,开拓旅游市场,要不断的创新,这样才能使旅游价值动态的、可持续的体现出来。

(6) 科学性。评价旅游价值的大小,科学因子必不可少。科学意义重大、能为科研、科普服务的旅游景点,更有利于旅游发展。景观中所具有的科学知识,越来越成为游人关注的内容,是旅游价值构成的重要部分。不能说每个人都对景观所具有的科学意义感兴趣,但从旅游为满足不同人需求的实际出发,细分市场,推出为科研、科普旅游服务的旅游方式是必要的。

(7) 观赏性。观光旅游始终是游人重要的旅游方式。因此,景观本身的罕见性、独特性、优美度等外在形态指标就成为衡量旅游价值大小尺度。观赏性强的景观相对而言,旅游价值更大。

(8) 经济性。旅游价值的经济性是指旅游价值的经济学表现,反映了景观所带来的旅游经济效益。可用旅游人数、旅游收入等指标反映。

(9) 历史文化性。历史文化因子,反映了景观历史的厚重性、文化的特色性、多元性,是体现旅游价值的重要因子,历史越悠久,和重要的历史人物有渊源、与重要历史事件有关联或是发生地,对推动历史有作用的地方,往往能激发旅游动机。文化的特色性,如云南的少数民族特色文化,旅游者也很想亲自前往体验。

5.2.2 旅游价值评价方法

旅游价值评价方法没有统一的规定,不同的研究者由于民族、职业、文化背景不同,审美观、价值观也不一样,因而运用的评价方法和评价标准也就不一样。从初期的直觉判断、定性描述的经验法,至当前的指标数量化、评价模型化与定性分析相结合的方法。评价方法主要有两大类:一类是定性评价法,如黄辉实的“六字七标准法”,以“美、古、名、特、奇、用”的六字评价旅游资源本身旅游价值,用旅游资源的季节性、环境污染状况等七项标准评价旅游资源所处的环境。另外,卢云亭的“三三六”评价法、一般体验性评价、美感质量评价法等也有应用。

另一类是定量评价法。如综合性的多因子定量评价法,这类评价方法具体运用较多。如层次分析法[赛特(A. L. Saaty),保继刚],指数表示法(费拉里奥,楚义芳),综合评分法(魏小安,路紫),模型数学评价法(杨汉奎),价值工程法(罗成德),综合价值评价模型法(李功阳,丁文魁),旅游地综合评估模型等。

但不管是采用哪一种数学模型方法,都涉及旅游资源的比较和重要性排序问题。因此,评价因子的选择是重要而基础性的环节。

5.3 林柱状地质景观评价因子的 选取与评价方法

旅游价值的评价研究是一个综合性、系统性的工程,指标的选取就是一个复杂的问题,从研究成果看,各位专家有不同的指标,很难有统一的标准。有的选取旅游资源自身条件和旅游环境条件进行评价,其中旅游资源自身条件评价内容包括旅游资源特色、旅游资源价值、旅游资源功能、旅游资源规模、旅游资源组合、旅游资源容量、旅游资源性质等方面;旅游资源环境条件评价含自然环境条件、社会环境条件、区位特性和客源环境条件、资源开发现状等内容。

对滇中林柱状地质景观的旅游价值的评价,真正要全面反映其旅游价值,要从观赏性、科学性(这里主要指地质科学价值)、历史文化价值、生态环境价值、奇特度、规模和组合、旅游开发条件、旅游环境容量、旅游功能、经济价值等因子入手。其下又有珍稀奇特度、景观稳定性、景观规模与组合、景观开发条件、景观完整度、资源影响力(含知名度和影响力、适游期或使用范围)、环保效应等分项指标具体规定。其中美学(观赏)价值又可从形象美、色彩美、意境美等方面说明;科学价值主要是指地质科学价值,可通过地质意义的重大程度、典型性、代表性、复杂性、科研、科普价值等方面体现。

显然,评价指标的过细、过多,也会淡化影响旅游价值的重要因子,不利于突出重点,应对旅游价值评价贡献大、权重高的因子,重点分析。评价时定性与定量方法相结合,不能忽视定性分析的作用,也不能过分神化定量方法的作用,因为有些因子量化的数据,依然带有主观性和不准确性,必然对结论客观性产生影响。

为符合滇中林柱状地质景观评价实际,从地质公园条件、林柱特征、综合旅游条件等不同层面开展评价,着重体现其地质科

学价值、观赏价值,强调资源本身价值对旅游的影响和贡献,对于后天可变的因子或条件,作为评价的参考或辅助指标。

评价方法因为评价角度的不同而选取定性与定量相结合的方法。如对于林柱状地质景观具备哪一级别地质公园条件的评价,就按有关地质公园申报指南的条件和标准,进行描述和对照,从而得出相应的定性评价,判断出林柱状地质景观所属的地质公园级别。对林柱特质的评价,采取定性与定量的方法,选择一些能反映林柱特征的因子,通过赋分后划分出旅游品级,根据旅游品级的大小,体现旅游价值。对旅游综合条件的评价,按国家旅游局的评分标准,给出相应的分值后,按分值定级别,从而确定旅游价值的大小。

5.4 地质公园的条件评价

地质公园是林柱状地质景观体现旅游价值的重要方式或途径,因此,评价滇中林柱状地质景观是否具备成为某一级别地质公园的条件,将不同程度地反映林柱状地质景观旅游价值的大小。

5.4.1 地质公园的基本概念

“地质公园”是以具有特殊科学意义、稀有性和美学观赏价值的地质遗迹为主体,并融合其他自然景观、人文景观组合而成的一个特殊地区。是以保护地质遗迹、开展科学旅游、普及地球科学知识、促进地方经济、文化和自然环境的可持续发展为宗旨而建立的一种自然公园。国家地质公园是国际上通行的国家公园的一种类型。

根据审批机构的不同,地质公园又分为省级地质公园、国家地质公园和世界地质公园。

地质公园不仅是人们旅游休闲,获取地学知识的地方,而且也是地质遗迹的重要保护地。地质遗迹是地球演化历史中,由地

质作用所形成、发展并遗留下来的不可再生的地质自然遗产。地质遗迹主要有五种类型：(1) 有重大观赏和重大科学研究价值的地质地貌景观；(2) 有重要价值的地质剖面 and 构造形迹；(3) 有重要价值的古生物化石及其遗产地；(4) 有特殊价值的矿物、岩石及其典型产地；(5) 有特殊意义的水体资源以及典型地质灾害遗迹等。

地质遗迹是地球历史的记录。了解地球的历史不仅对于人类当代的社会、经济发展，而且对未来的发展都有十分重要的作用。保护地质遗迹不仅有重大的科学意义，而且有很重要的美学和文化意义。

地质遗迹反映了地质演化过程和物理、化学条件或环境的变化，是人类认识地质现象、推测地质环境和演变条件的重要依据，是恢复地质历史的主要参数，属不可再生资源，破坏了就永远不可恢复，也就失去了研究地质作用过程和形成原因的实际资料，因此，要备加珍惜，妥善开发利用。

我们看到的地质遗迹，表面上看是已经定型了的静物，其实他们经历了多个地质时期，直到现在仍然在变动着，而非静止的。如广东丹霞山是从中生代后期到新生代初期将近数百万年才形成的，河南嵩山的地质变动经历了 30 多亿年的演化。如此古老的地质遗迹，是大自然的珍贵赐予，值得我们去认识和保护它。

地质遗迹与历史文物有很大的区别，地质遗迹属于地学范畴，是指人类历史以前，由于地质作用形成并赋存于地层中的生物遗迹和地质活动遗迹。它们是经过漫长地质作用形成的，是自然遗产。而文物研究的时间跨度是指人类历史以来所遗留下来的物质文明和精神文明产物。在科学研究范畴上，地学属于自然科学，而文物考古属于社会科学。考古学让我们了解人类自身的发展与变迁，而对地质的研究属于“文明前”的研究，是一种史前研究，同时也是一个不断发展完善的学科。

到目前为止，我国已建立县级以上地质遗迹自然保护区（地

质公园) 390 个, 其中地质构造、地质剖面和形迹保护区 40 个、古生物化石保护区 25 个、地质地貌景观保护区 325 个。保护区面积 2060595 公顷。对地质遗迹的关注不能停留在自然景色的一面。对于其科学价值与演化历史要有深入的了解。

当今世界, 环境保护已经成为各国政府和各界人士共同关心的问题, 保护地质遗迹作为生态环境保护的一个重要环节, 也越来越广泛地受到国际社会的关注。1989 年, 国土地质科学联合会成立地质遗产工作组, 开始地质遗产登录工作。在此之前的 1987 年, 中国已经开始地质遗迹保护的法律规定, 20 世纪 90 年代中期以来逐步开展各种层次的地质遗迹登录工作, 现已有 380 余处被命名国家和省市级地质遗迹保护区。1999 年 11 月, 国土资源部在威海召开会议, 通过了未来 10 年的地质遗迹保护规划。

联合国教科文组织为世界地质公园提出了六条定义: (1) 有明确边界, 有足够大的面积使其可为当地经济发展服务, 由一系列具特殊科学意义、稀有性和美学价值的地质遗址组成, 还可能具有考古、生态学、历史或文化价值; (2) 这些遗址彼此联系并受公园式的正式管理及保护, 制定了官方的保证区域社会经济可持续发展的规划; (3) 支持文化、环境可持续发展的社会经济发展, 可以改善当地居民的生活条件和环境, 能加强居民对居住区的认同感和促进当地的文化复兴; (4) 可探索和验证对各种地质遗迹的保护方法; (5) 可用来作为教育的工具, 进行与地学各学科有关的可持续发展教育、环境教育、培训和研究; (6) 始终处于所在国独立司法权的管辖之下。所在国政府必须依照本国法律、法规对公园进行有效管理。

地质公园保护与合理开发利用地质遗迹, 能开展旅游, 具公园性质。通过建立地质公园, 把地质遗迹所蕴含的科学内容揭示出来, 并向社会普及开来, 并形成重要的旅游资源, 是地质遗迹保护与合理开发利用的有效形式。

从环境可持续发展的角度, 在不破坏地质遗迹的前提下, 地质资源开发利用还存在另一重要途径, 即地质资源的旅游资

源化。例如,云南澄江帽天山古生物化石的保护利用与当地磷矿资源开采,存在冲突与矛盾的情况下,是继续沿用老套路以开发磷矿为主,还是保护化石资源,开辟为旅游区。很显然,最终应选择走地质资源旅游资源化的道路,严格保护地质遗迹,建立地质公园,发展旅游,传播地质科学知识。地质公园的建设,综合性地体现了滇中林柱状地质景观的观光、科考、科普、环保教育、休闲等多重旅游功能,产生了良好的社会、经济、环境效益。

5.4.2 地质公园的特点

(1) 科学性:地质公园具有特殊的科学意义,稀有的自然属性,优雅的美学观赏价值,具有一定规模和分布范围的地质遗址景观为主体;同时也是地质遗迹景观和生态环境的重点保护区,地质科学研究与普及的基地,通过让公众关注人类与地球之间的平衡关系,把地质公园设计成更好地了解地质遗产、明智利用地球的工具。

(2) 经济文化价值:地质公园概念的中心要素就是所选的地方必须能够起到经济活动集中地(特别是通过地质旅游业)的作用。地质公园的建立以支持当地经济、文化和环境的可持续发展为宗旨;为人们提供具有较高科学品位的观光游览、度假休息、保健疗养、科学教育、文化娱乐的场所。

(3) 旅游功能:地质公园代表景观要素,而不是局限于地区范围的小规模地质露头。因此,把生物保护与地球遗产保护结合在一起的“景观研究(方式)”也将广泛适用于单个的地质公园。对具有共同地质与生物特征的景观要素应进行整体管理,以便保护和加强其自然特征。人类对于景观的关系也将通过这样的计划使人们认识到。所以,目前的趋势是采取整体方式(通过“自然区域”、“自然遗产区”、“文化—历史公园”等),即把科学、文化、社会领域的计划结合在一起,以鼓励景观范畴内的可持续发展。

5.4.3 地质公园的意义和发展

目前全球的地质遗迹保护仍很脆弱,因此联合国教科文组织提出建立世界地质公园的建议,以推动全球的地质遗迹保护工作,使当代人和子孙后代从中受益。

地质公园建设是体现旅游价值的重要方式。有利于地质遗迹的保护,有利于形成地球科学教育基地、科普基地,有利于开展地质科学研究,并把地质遗迹保护和旅游开发有机结合。地质公园集地质遗迹保护、地质环境修复、地学生态重建、地球科学普及、地学旅游发展为一体。

地质公园建设一要促进地质学知识的普及;二要促进地方经济的发展;三要促进对地质遗迹的保护。使游人在轻松休闲的同时,获取地学知识,接受环保、生态教育。地质公园的建设,已成为世人关注的热点。发挥地质遗迹的科学价值,充分利用好地质遗迹这个载体,大力发展地质旅游,是提高旅游效益的重要举措。

建设地质公园,开展地学旅游已带来了良好的经济、社会效益。例如,2003年江西庐山旅游收入就达1.3亿元。科学庐山的观念为当地居民带来了巨大的利益,社会影响很大。庐山已成为普及地质科学知识,进行启智教育的最好课堂。这样的课堂可以把书本上枯燥的知识,通过地质公园这个立体空间,使原始状态下的标本,以艺术化了的形象,给人们留下深刻的印象,带来人文关怀和地学知识。嵩山,既有少林文化气息,又使人感受到嵩山是一部地质发展史书。同样的道理,只要能把滇中林柱状地质景观所蕴含的科学价值,转化为能为旅游大众所喜爱的旅游吸引物,将更能促进旅游资源的开发与利用。

地质公园有清楚的边界,有一定地质和环境及人文学科研究范围,包含若干稀有而美观的地质遗迹,科学研究价值高,有考古学、环境学和人文历史学方面的遗址与之相伴。“以发展地质旅游来促进地质遗迹保护,以地质遗迹保护来支持地质旅游”,

越来越成为旅游学者与地质学者的共识。

1999年11月我国决定建立国家地质公园，并于次年成立了国家地质公园领导小组和国家地质公园专家评审委员会。2000年，国土资源部制定了《国家地质公园总体规划工作指南》，明确了国家地质公园的定义、申报条件和评分标准。

截止2004年2月，我国先后批准了三批国家地质公园，国家级地质公园已增至85处。

2004年2月13日在法国巴黎联合国教科文组织总部审批了第一批世界地质公园的名单，一共是20多家。都在欧洲国家和中国，德国3处，英国3处，法国2处，希腊2处，西班牙2处，中国8处。它们是奥地利坎普谷世界地质公园、奥地利艾森武尔瑾世界地质公园、中国安徽黄山世界地质公园、中国江西庐山世界地质公园、中国河南云台山世界地质公园、中国云南石林世界地质公园、中国广东丹霞山世界地质公园、中国湖南张家界世界地质公园、中国黑龙江五大连池世界地质公园、中国河南嵩山世界地质公园、法国罗什舒瓦尔—沙斯农陨石坑世界地质公园、法国普罗旺斯高地世界地质公园、德国贝尔吉施奥登瓦尔德山世界地质公园、德国埃菲尔山脉世界地质公园、德国特拉维塔世界地质公园、希腊莱斯沃斯石化森林世界地质公园、希腊普西罗芮特世界地质公园、爱尔兰科佩海岸世界地质公园、意大利马东尼世界地质公园、意大利罗卡迪切雷拉世界地质公园、西班牙卡沃—得加塔山世界地质公园、西班牙马埃斯特世界地质公园、英国阿伯雷与莫尔文山世界地质公园、英国大理石拱形洞世界地质公园、英国北奔宁山世界地质公园。其中中国有8家，分别是我国的五大连池、嵩山、云台山、黄山、庐山、张家界、石林和丹霞山国家公园被定为世界地质公园。

中国的8处世界地质公园中，张家界、石林、丹霞山3个是以林柱状地质景观为特色而入选世界地质公园的。

世界地质公园计划扩展到全球，目标是每年设立20个世界地质公园，总数达到600个左右。今后几年的重点是马来西亚、

澳大利亚、印度、伊朗、沙特阿拉伯、摩洛哥、埃及、非洲国家、阿根廷、智利、巴西以及墨西哥、美国和加拿大等国家,现已收到 70 多个国家要求加入的申请。

2004 年 6 月 24~29 日第一届世界地质公园大会在北京召开,这是国际地学界保护地质遗迹、普及地学知识、促进可持续发展的一项创举。会议讨论通过了世界地质公园大会章程和倡议全世界保护地质遗迹的《地质遗迹保护——北京宣言》,交流了地质遗迹保护和地质公园建设的经验和体会。

联合国教科文组织提出的世界地质公园计划,建议推动地质公园项目,把地质遗迹保护与支撑地方经济发展和扩大当地居民就业紧密结合起来。进入联合国教科文组织世界地质公园网络名录,是各公园的荣誉,但也肩负了保护地质遗迹、科学普及和发展地方经济的责任。各世界地质公园要切实保护和科学开发利用地质遗迹,使这份宝贵的财富永续利用,造福当代,更造福子孙后代。

5.4.4 林柱状地质景观地质公园条件评价

按世界地质公园和国家地质公园的评价条件,不同级别的地质公园,评价标准见表 5-1。

表 5-1 地质公园等级评价

评价项目	世界级	国家级	省级	地方级
典型性和稀有性	具全球典型地质意义,全球唯一或罕见	具全国典型地质意义,具有全国代表性,全国唯一或罕见	具省级典型地质意义。全国少见	具小区域典型地质意义。全国多见
自然性	自然原生状态保持完好,不因旅游带来生态压力	自然原生状态保持好,不因旅游带来生态压力	自然原生状态保持较好,不因旅游带来生态压力	自然原生状态保持较好,不因旅游带来生态压力

续表 5-1

评价项目	世界级	国家级	省 级	地方级
系统性和完整性	景观系统性很强,很完整齐全	景观系统性强,完整齐全	景观系统性较强,较完整齐全	景观系统性一般,不具完整性
优美性	优美感受很强	优美感受强	优美感受较强	优美感受一般
科学价值	地质科学价值极高	地质科学价值高	地质科学价值较高	地质科学价值一般
面积适宜性	景区规模很大	景区规模大	景区规模较大	景区规模较小
经济和社会价值	旅游经济效益很显著,能吸引全球客源,极大促进区域社会经济发展	旅游经济效益显著,能吸引全国客源,有力促进区域社会经济发展	旅游经济效益较显著,能吸引全省客源,较好地促进区域社会经济发展	旅游经济效益一般,以吸引地区客源为主,对促进区域社会经济发展有一股影响

根据上述标准,从定性的角度,对滇中林柱状地质景观各项内容进行评述,在定性的基础上,选择一些能反映上述评价内容的量化因子,用量化的方法得出滇中林柱状地质景观的分值,根据分值大小再判断所属地质公园的等级。

5.4.4.1 典型性和稀有性

从全球看,因碳酸盐岩的广泛分布,路南石林并不是唯一或罕见。但它是剑状石林的典型代表,是唯一有几种刃脊峻峭形态的剑状石林(shilin/tsingy)喀斯特产出的地点。从这一角度看,又十分独特和罕见。联合国教科文组织和国际地科联资助的国际地质对比计划 IGCP299 项目(1990~1994 年),对土耳其、中国、俄罗斯、澳大利亚、美国、伊朗、加拿大、英国 8 个国家的岩溶进行了现场对比。另有日本、南斯拉夫、泰国、匈牙利、罗马尼亚、墨西哥、古巴、巴西等国家向该项目提供了 44 个对比点的资料。从 IGCP299 的 1995 年 7 月发布的成果来看,研究认

为云南石林以其特有的岩溶林柱状形态闻名于世，它是由溶蚀裂隙、石柱、土上溶痕及土下溶痕所组成。世界上其他地区出现的类似石林的岩溶形态，有的由于岩性松软（东南亚、中美洲、澳洲南部），有的由于缺乏必要的地壳抬升（墨西哥尤卡坦半岛、澳洲南部），有的由于降雨量不足（如许多干旱、半干旱区岩溶），均没有云南石林典型独特。因此云南石林在世界上具有鲜明的特色，是剑状喀斯特的典型代表，也凸显出路南石林在全球的稀有和独特。

路南石林作为研究世界剑状喀斯特发育、演化的标准示例区。在面积不大的区域内，发育了不同阶段、不同风格的石林喀斯特，并且有时代清楚的地层序列，使其地貌演化过程能够被追索，石林是喀斯特地貌中的重要代表，它展示正在进行中的溶蚀过程，独特性十分明显。

综上所述，路南石林的典型性和稀有性，应是世界级的评价。

淋溶型林柱状地质景观是水土流失的产物。但并非所有的水土流失都能形成土林、沙林、膏林，而是在特殊的地质结构、土壤成分、构造运动、水文气候、地形植被等多种因素相互作用条件下方能形成。因此，淋溶型林柱状地质景观这种地貌形态在地质地理学科上就显得十分稀有、珍贵。

陆良彩色沙林独特之处在于色彩的多样性。在不同的层位上出现丰富多彩的变化，是沙林资源自身特质造成的，而不只是光线、角度、季节变化而引起。如将其等同于土林状的林柱，可能世界上并不罕见，可评为国家级。但从异质性的角度看，沙林明显有别于土林，这样的彩色沙林，世界上还未见相关报道。因此，其典型性和稀有性可以评为世界级。

土林的分布较为普遍，云南、四川、西藏等地均有分布，仅元谋土林就有13处土林，而且水土流失剧烈发生的松散土层中均有条件发生，因此，其典型性和稀有性并不明显。目前，元谋虎跳滩土林现只是云南地方级地质遗迹区，随以后地质研究的深

人,及全球对比研究情况,看能否在典型性和稀有性方面具备国家级地质遗迹的条件。

元江彩色膏林面积狭小,林柱形成的成景作用较为特殊和罕见,地质意义有一定的典型性。现可列为地方级地质遗迹。随以后地质研究程度的加深及全球对比情况,再看有无条件升级。

5.4.4.2 自然性、系统性和完整性

石林由于旅游开发影响,游人常游览的几个景区,如大小石林,人工化明显,如夜景灯光的布置,广植的人工草坪。但在石林游人较少去的地方,保留有原生或次生的自然生态环境。仍有独特的地带性植被和特色的生物多样性,植被为亚热带湿润常绿阔叶林,常见清香木 (*pistacia weinmannifolia*), 牯菊木 (*nouelia insignis*), 滇青冈林 (*cyclobalanopsis glaucoides*), 高山栲 (*castanopsis delavayi*), 皮哨子 (*form. quercus cocciferoides*), 铁橡栎林 (*sapindus delavayi*) 等亚热带树种。长湖中也见海菜花等典型水生植物,也有蕨类陆生植物等。气生藻类主要是蓝藻门蓝藻纲的属种,共有 4 目、11 科、31 属、188 种。白腹锦鸡、穿山甲等动物在景区内也有活动。特有的洞穴物种有石林贝喇叭螺 (*boysidia shilinensis*)、路南丽管螺 (*formosana lunanensis*)、石林盲高原 (*triplophysashilinensis* Chen et Yang) 等。可见与岩溶相关的自然生态环境仍较明显。

陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林景区仍保留了水土流失、林柱形成的自然生态特征,天然植被稀少,并少有人工栽培的树木和草坪,开展的旅游活动,修建的旅游设施,基本未对景区的整体自然风貌构成影响,但在元谋土林的新华土林中,林柱之间也有农田耕作,对柱体的稳定性带来影响。从另一角度看,它们均是水土流失的产物,而造成水土流失的主要原因就是人工活动的影响。例如,植被的砍伐、开垦农田等,使原有的自然生态环境改变。因此,现今看到的景区环境也不再是原有的自然原生环境,而是叠加了后天人工的影响,其自然性主要是指作

为水土流失造成的特异地貌的状态还未受影响,还能给游人保留认识水土流失的自然环境状态,而真正的原生自然性已经改变。因此,从水土流失的环境看自然性明显,是开展环保教育的优选之地。

在世界各地的剑状喀斯特中,以石林公园的剑状喀斯特(石林喀斯特)的发育遗迹保留最完整、发育历史古老,发育过程完整系统、表明石林公园的系统性和完整性;350km²的公园内保留有典型、完整的石林发育演化遗迹和景观系统。公园代表了地球上一个独特区域的自然地质地理过程,石林地貌展现了一种独特的喀斯特形成演化机制,完整地体现了其发育与保存演化过程和特征;石林的发育演化历史是区域构造抬升、云贵高原形成的见证,反映了自早二叠世晚期以来的完整地质历史;而且在石林风景区内以林柱见长的同时,也结合了其他景观形态及景观类型,如湖泊、溶洞、瀑布,使景观更系统和完整。

陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林从各自代表的林柱类型来看,景观形态多样,系统、完整地表现了林柱的形成与演化,经历的地质事件、地质作用、地质过程,在景区内均可找到相关对应的证据,景观系列系统而完整,反映了水土流失、沟谷演化的整个过程和表现。

5.4.4.3 优美性

优美性主要指林柱状地质景观的意境美、形态美、色彩美。

A 形态美

滇中林柱状地质景观的形态美在多样,美在象形程度高,拟人拟物,惟妙惟肖,具备形式美的各类要素,造型独特,体现出别致的视觉美学效果,引起游人丰富的联想,见表5-2。

B 意境美

路南石林旅游景区广大的面积,高密集的柱体,发育高大的石柱,独特的景观造型,使其气势不凡,雄浑大气。与撒尼民族风情的有机结合,使其在自然风光的基础上,叠加了人文气息,呈现出自然与人文相结合的意境。

表 5-2 滇中林柱状地质景观的形态特征

名称	景观形态	可寓意性及 象形程度	典型景点	景观规模	整体 美感
石林县石林	在地表水和地下水共同作用下,形成具有一定高度(大于5m)和规模的剑状、塔状、幢状等形态的石柱与溶痕、溶沟的整体组合。 单体形态有溶沟、石芽、剑状、塔状、溶斗、塌陷漏斗、峰林、峰丛、孤峰、坡立谷、一线天、天生桥等	拟人拟物的吻合度高,有灵性和生命感,静态中蕴含着动感	“阿诗玛”、“石屏风”、“石林胜景”(集中了前人题词)、“千钧一发”、“剑峰池”、“莲花峰”、“猿猴通人”、“双鸟渡食”、“群仙聚会”、“犀牛望月”、“象嚼磐石”、“千年寿龟”、“凌空笔架”、“凤凰梳翅”、“将军出征”、“望峰亭”、“母子偕游”、“漫步从容”、“万年灵芝”、“书生赶考”、“唐僧西行”	规模大,面积350km ² ,集中连片	雄奇、壮观、优美
元谋土林	土墙、土屏、土柱、笋芽状小土柱、土峰、宝塔状土林、城堡状土林、宫殿状土林、天生桥。具有顶平、身陡、坡缓的柱、峰、林等形态特点	有的似迷宫,有的似古堡、舞厅、人物、宝塔、宝剑、欲飞的鸟、奔走的兽	“千年古堡”、“天然舞池”、“剑指苍穹”、“古塔钟鸣”、“大理三塔”、“敦煌石窟”、“金塔玉剑”、“婷婷少女”等	规模大,总面积约50km ² 。由虎跳滩土林、新华土林、斑果土林组成,但景区分散,未集中连片。只有虎跳滩土林已经开发	古朴、沧桑
陆良彩色沙林	沙柱、沙峰、沙屏、沙壁、沙沟、沙屋。造型奇特多样,色彩丰富	拟人拟物惟妙惟肖	“霸王出征”、“书生看榜”、“羣女望夫”、“桃园结义”、“雨后春霖”、“八仙过海”、“水墨丹青”等	面积6km ² ,规模不大	奇妙、神奇
元江彩色彝林	造型千姿百态,土柱峰林密布,似钟塔、宫殿、古堡、屏风,天然水墨画	拟物喻人有特色	景区尚未开发,景点尚待命名	面积1km ² ,规模小	玲珑、精致

陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林植被覆盖率、土壤类型与整体景观意境相一致。

陆良彩色沙林景区周围虽是五峰山国家森林公园，但在沙林景区内仅有稀疏小草，地被覆盖小于20%。土壤类型为棕黑色、灰黄色沙土、砂粉土，有机质少，土壤贫瘠，易水土流失。整体意境呈现悠远、古朴、沧桑的意境，结合浓郁的爨文化、三国故事，可体现复古气息。这里拍摄了“三国演义”、“西游记”等著名的影视巨作，具有名著影视景观效应。陆良彩色沙林举办的现代沙雕活动，使其又有时尚文化感，沙体和沙雕有机结合，使自然与人文、历史与现代的气息融为一体，意境特别。

元谋土林仅有稀疏草丛，地被覆盖约10%~20%。土壤类型为燥红土，土壤贫瘠，肥力低，含有机质少，土壤团粒结构差，易于沙化。白沙黄土，植被稀疏，水源奇缺，气候燥热的独特环境，是有别于青山绿水、鸟语花香的另一种形式的自然风光美。在这样的自然生态环境下，元谋土林给人苍凉、粗犷、豪放、原始、自然之感，沙沟、荒山、幽谷构成一个蛮荒的远古世界，自然风光别具一格，给人一种原始的美，粗犷的美，具有很强的吸引力。不仅吸引了众多画家前来创作写生，摄影师前来捕捉闪光的一瞬，也成为一些电影电视摄制组的外景基地和追求自然、崇尚自然的游人的首选目标。置身其中，仿佛回到遥远的从前，大自然的伟力和震撼力在这里表露无遗。土林的沧桑感在正午强烈的阳光下十分明显，阳光照射在没有绿色的沟谷中、土柱上，让人为土林的单调心生别样的感受，古朴、自然、平淡、宁静。

元江彩色膏林景区气候炎热干燥，仅有稀疏树、灌、草丛，植被覆盖率约为25%，部分小于20%，土壤类型为砖红壤杂灰黄色粉黏土，土壤层薄，有机质少，土壤贫瘠，易水土流失，柱体上难见绿色植被。这样的自然生态环境，彰显了元江彩色膏林的古朴、沧桑、悠远的意境，又因景区面积较小，特异的林柱景观，又使其体现出玲珑、精致的整体美感。

C 色彩美

大小石林呈灰色，主要含碳酸钙，而乃古石林呈黑色，主要因为含碳酸镁的缘故。乃古石林石质古朴黝黑，深沉玄奥，更使人增添了一种神秘和苍茫之感。

陆良彩色沙林颜色五彩缤纷，彩色沙体在层面上常呈色彩的变化。有银白色、金黄色、灰绿色、紫红色、灰黄色、灰白色、土黄色等 12 种，其中土黄色、灰黄色沙较为普遍，紫红色、金黄色、棕色、灰绿色较少见。

不同造型的沙峰、沙柱、沙屋均以黄、白、红、灰为主色调，间夹黑、蓝、青、绿等色。在早、中、晚和雨、晴天不同时间、不同光线的照射下，沙的颜色更是变幻无穷，较为罕见。彩色砂层主要以白色、红色、黄色为主色调，间杂有水红、蓝、绿、青、灰、紫、褐、黑等自然色彩，构成七彩天然画卷。在湿润环境下，冲积扇相发育，形成处于氧化环境下颜色较深的冲积扇沉积物。沉积物中的铁离子是变价元素，具有强烈的染色效果，在氧化环境下高价铁呈红色、褐红色，还原条件下低价铁呈绿色。在较干燥环境下，处于静水还原状态，湖泊相发育，以淤泥质、粉砂为主，分选较好，出现灰色、黑色色调。

元谋新华土林色彩丰富，土柱顶部以紫红色为主，中部为灰白色，下部则以黄色为基调。色彩丰富，有的固结成形，屹立于地表之上，是重要的成景基础；有的呈散沙状态，从母岩上容易剥离下来。有银白色、金黄色、灰绿色、紫红色、灰黄色、灰白色、土黄色等 12 种，其中土黄色、灰黄色沙较为普遍，紫红色、金黄色、棕色、灰绿色较少见。

元谋虎跳滩土林中砂的成分主要为石英、长石和云母，常夹几层铁质钙质胶结砂层和透镜体，色调较鲜艳，为紫红、棕红、粉红、棕黄、橙黄、黄绿、白色、灰色等。石柱中有许多石英及玛瑙镶嵌其中，在阳光照射下，熠熠生辉，色彩斑斓。

元江彩色膏林似浓墨重彩般，翠绿夹紫红色的奇峰、彩屏拔地而起，气势宏伟。柱体似塔似堡，密密迭出，依山沟两侧而

列,有时还出现穿洞。尤其是随时间、温度和光照角度等的变化,彩色峰柱的色彩变幻万千。

石林、沙林、土林、膏林等林柱状地质景观完全符合形式美的原则,有的具原始野性的氛围,有的具雄奇、壮观的特点,有的具多彩、灵秀的特点。可谓巧夺天工、自然天成。艺术大师在大自然的伟力面前也会相形见绌。似乎只有照相机才能复制一二。有独具个性美的特质,超越了时空、社会和地域美的表达,让人叹为观止。

林柱状地质景观是优美、神奇的自然石景、土景的艺术宝库,可以任凭游客去观察,去发现,去自由驰骋地想象。找到与生活中、想象中的对应美,感受自然的造化之美。有人评价石林的美学价值是世界上剑状喀斯特或类似形态喀斯特中的最突出者,它深刻地影响了人类的美学观念。成为中国园林建造的摹本,有“石化园林”之美,兼具形态美、意境美、色彩美。

5.4.4.4 科学价值

滇中林柱状地质景观科学价值的评价,首先要揭示林柱状地质景观在成因上的科学性、独特性和地质意义,并从有利于旅游的角度,评价是否具有旅游吸引力的地质内容,有无吻合旅游者地质科学的兴趣点。

A 石林科学价值

(1) 地质演化的古老性。石林代表了地球上一个独特区域的自然地质地理过程,石林地貌展现了一种独特的喀斯特形成演化机制,完整地体现了其发育、保存、演化过程和特征。复杂的喀斯特过程,铸造了丰富美丽的形态,所保存的地质地貌遗迹是中国西部云南喀斯特高原地区2.5亿年的地球演化历史见证,是世界上唯一能以石林喀斯特演化遗迹所见证的漫长地球演化历史的地质公园,以其发育时代的古老性、多阶段性和继承性、景观的复杂性、多样性,充分展现了喀斯特地质景观的演化和发育过程。在世界各地的石林或剑状喀斯特地貌中,公园的石林属演化历史最长、最复杂者之一,研究其地质演化,对揭示地质历史事

件有重要意义。

(2) 地质意义的代表性。表征了云贵高原抬升上隆过程中独特的、典型的陆内地块垂直抬升方式。石林的发育演化历史是区域构造抬升,云贵高原形成的见证,反映了自早二叠世晚期以来的完整地质历史。

(3) 化石的丰富性。石林地层化石含量丰富。发育和覆盖石林的地层中保留地球生命演化的记录。其中下二叠统、老第三系等地层中的化石是地球生命演化的重要记录。石林地质公园的地层中保留有丰富的古生物化石,特别是发育石林的下二叠统栖霞组、茅口组灰岩,化石异常丰富,局部层位几乎完全由生物碎屑组成,有8个蜓科、腕足类等化石组合带,而且覆盖石林的下第三系路南群中保留有中国南方早第三纪的代表性古脊椎动物化石,是中国早第三纪动物演化的重要遗迹地及中国古脊椎化石保护区。

(4) 成景地质作用的独特性与阶段性。石林成景地质作用全面地展现了石林喀斯特内涵:垂直溶蚀与水平溶蚀、地表溶蚀与土下溶蚀、化学溶蚀、土壤溶蚀、生物溶蚀集合于一体;石林地下水文系统完整,保留了系统的石林发育与地下水、地表水水文系统的关系,及其水文景观,水位变动与地球抬升运动的遗迹展现于石柱。巴江河、路南盆地、大叠水与石林地下水系统的复杂演化联系,完整而典型地体现了高原喀斯特流域的水文特征与演化,及其在自然地理环境、石林地貌形成演化中的作用。反映了水在石林形成过程中的成景地质作用十分显著。

石林是世界喀斯特地质地貌全景的展示,在世界各地的剑状喀斯特中,以石林公园的剑状喀斯特(石林喀斯特)的发育遗迹保留最完整、发育历史古老,发育过程完整系统、发育方式多样,表明石林公园的独特性、多样性、优美性、系统性和完整性。

B 沙林科学价值 *

(1) 沙体具可塑性。半固化沙体含黏土类矿物,使沙体具有

一定可塑性,有利于沙雕工艺的发挥和沙雕艺术的保存。彩色沙林的不同于海滨沙,也不同于沙漠沙,地质特征有不同特点,沙质细腻、含杂质少,遇水易成形,不需化学贴合剂,可塑性极强,是内陆湖泊沙中用于沙雕活动的优选基地,对揭示内陆湖泊沙的地质属性有重要的指导意义。

(2) 环保教育的良好素材。陆良彩色沙林也是水土流失的产物,沟谷、林柱形态就是水土流失的最好说明。通过现场旅游,使游人接受环保教育,理解人与自然和谐相处的意义。

(3) 色彩成因的多源性。通过彩沙来源的分析,彩沙的形成具有形成原因的复杂性,影响因素的多样性,地质循环复杂性等特点,涉及到地质科学研究的很多层面。如探讨彩沙与所含矿质成分的关系,揭示物质成分差异,特别是沉积物中杂质元素、微量元素差异,沙体(沙层)黏土矿物的吸附性对色彩形成的影响。就要运用地球物理、地球化学等知识;研究与成景母岩的关系,就要结合地质循环规律来说明,找出沉积岩与岩浆岩、变质岩的联系与相互作用。其他次生因素的存在,更增添了彩沙形成的复杂性和特殊性,如所处的沉积环境,人工活动、气候变化、河水湖水的进退,断裂错动、假层理、角度不整合、重力坍塌、生物因素都可能使颜色多样化。相关地质研究内容非常丰富,涉及到多角度、深层次的研究地质科学问题,是很好的科学考察、科普的基地。

C 土林科学价值

(1) 环保生态教育的典型示例。在土林外在美的后面,是人与自然不和谐的关系以及环境重大变迁的结果。土林也正是元谋这一水土流失严重地区的一个缩影。土林虽偶然性地成为一个风景旅游点,但并不能掩盖元谋水土流失治理的任重道远。土林为当地旅游经济带来亮点的同时,土林也给出了另外的启示,既要作为旅游景区发展好,也要作为水土流失之地研究好,探究水土流失的原因、演化发育规律、环境保护等问题。在这方面土林具有水土流失研究的典型性、示范性,面积大,有广泛的代表性,

积累的资料多,研究基础好。甚至可用旅游收入的资金,资助水土流失治理的研究。做好土林水土流失研究的工作,不仅有利于水土流失治理的示范,减少整个元谋的生态治理压力,同时,在充分掌握水土流失规律的同时,也有利于土林柱体的保护,延长旅游生命周期。因此,要充分发挥土林地质科学研究价值,把土林建成为地质科普旅游之地、环保教育、生态旅游之地。可依托土林,开发旅游的同时,变害(水土流失)为宝,力求提高景区级别,使地学、生态学、旅游学结合,地文、人文结合,有效利用土林资源,形成特色生态旅游文化。

(2) 土林也是元谋盆地第四纪研究的重要组成部分和标型地区。元谋盆地是滇中高原上海拔最低的一个盆地,是华南晚新生代地层非常发育的地区,因此,元谋盆地是第四纪研究的重点地区,这里第四纪地层发育较好,地层剖面保存完美。特别是元谋土林发育在上新统一下更新统地层中,第四纪各地质事件在剖面上均有反映,有些地质信息从元谋土林柱体表面就可清晰观察到,而且以元谋组、小河组、龙川组为代表的地层中蕴藏有丰富人类和动植物化石,为第四纪的研究提供了十分有利的条件,对划定第四纪上下限有重要作用,对探索人类的开端,了解人类起源与进化的机制,也有极大的价值。因此,元谋土林是第四纪地质与人类起源演化研究的理想之地,无疑有很高的科学价值。

D 元江彩色膏林科学价值

元江彩色膏林为类似林柱状地质景观的保护提供了借鉴。彩色膏林的保存得益于柱体表面有一层膏浆状的保护壳现象,这层保护壳给容易遭受侵蚀的柱体穿上了外衣,使流水不通过表面缝隙侵入柱体,减少侵蚀压力。这样的天然保护方法,有其独特的地质科学价值。类似地可对土林、沙林景区中重要的景点,采用人工的方法进行喷浆保护。喷浆物质最好是自然矿物,有彩色膏林外壳的膏浆效果,而且不是化学合成物质,一方面可以使土柱峰林更加牢固,避免崩塌,另一方面,要求喷浆物质不会对周边环境、旅游生活环境产生新的、潜在的化学污染危害。

5.4.4.5 面积适宜性、经济和社会价值

从建设地质公园的面积要求看,并不是越大越好,要求能保护地质遗迹和适合开展旅游活动为宜,有较高的旅游环境容量,达到地质公园的社会和经济目标。

路南石林作为世界级的地质公园,面积达 350 万 km^2 ,涵盖了地质遗迹的主要分布区,并按照景区重要程度的差异,划分了游览区、服务区,能满足游人的旅游需求。旅游环境容量大,可以开展大规模的旅游活动,吸引全球客源。

陆良彩色沙林不包括周围景区,仅有 6km^2 ;元谋土林总面积达 50 余平方公里,单片面积最大的班果土林约 18km^2 ,其他土林大多在 10km^2 以下,如现已向游人开放的虎跳滩土林面积不到 5km^2 ,总体来看沙林、土林面积适中,有一定的旅游环境容量,具备开展规模较大旅游活动的条件,现主要以吸引省内客源为主;元江彩色膏林的面积较小,影响大规模旅游活动的开展。目前只适宜吸引地区级或省内游客。

旅游经济价值是指景观在旅游开发利用的基础上,已体现出的经济价值和可预见的潜在经济价值。如石林已显现出明显的经济价值,已成为世界级的旅游目的地,是当地社会经济可持续发展的重要支柱。

70 多年旅游经济的实践证明,路南石林旅游所体现出的社会、经济价值十分巨大。截止 2003 年底,到石林的游客数合计近 4000 万人。旅游地农村居民的年均人收入达 4500 元,是非旅游地农民人均年收入的 2.5 倍左右,收入的 90% 来自石林旅游业,石林旅游业提供直接就业岗位 6200 个左右。

路南石林旅游极大地促进了区域各行各业的发展。现全年旅游综合收入超过 3 亿元人民币,旅游年收入在当地国内生产总值的比例超过 10%,对所在县的财政收入的贡献率在 30% 以上;旅游业税收占当地税收的比例平均达 45.96%。此外,曲靖烟厂用了石林品牌,玉溪烟厂用了阿诗玛品牌,云南轮胎厂用了石林品牌,还有石林鞋、石林矿泉水等。“石林阿诗玛头像”成为云

南旅游的形象标志。

陆良彩色沙林现已成为国家 4A 级风景名胜区, 从 1997 年以来, 彩色沙林旅游接待量, 门票收入与旅游总收入依据有关数据分析, 均有显著的提高, 见表 5-3。

表 5-3 1997 年以来彩色沙林的主要统计数据

年 份	接待量/万人	门票收入/万元	旅游总收入/万元
1997	22	51	2200
1998	30	128	3000
1999	39	217	3900
2000	51.2	350	6144
2001	64	550	12000
2002	99	900	15000
2003	70.345	380	11200
2004	119.8	720	16490

资料来源: 陆良县旅游局。

2001 年 3 月成功举办了中国陆良首届国际彩色沙雕节暨沙雕大赛。现已连续举办了四届, 彩色沙雕节的成功举办, 提高了彩色沙林的知名度, 省内外游客纷至沓来, 游客的迅猛增长促进了地方经济的发展, 也给当地农民带来了较好收入。

早在 20 世纪 80 年代初, 元谋县以虎跳滩土林作为云南省首批省级风景区推向社会, 引起了巨大反响。据《春城晚报》报道, 元谋虎跳滩土林 10 多年间接待游客达 100 多万人。但 1998 年以后游人大多维持在 1 万~3 万之间。虎跳滩土林是元谋有门票收入的唯一景点, 投入超过 1000 万元, 已经营了 20 多年, 但是 20 多年来其收入仅够维持运转, 2004 年的经营收入仅有 86 万元, 接待游客大约 3 万人次。土林旅游事实上已陷入困难境地, 经济与社会价值还未持续体现出来。

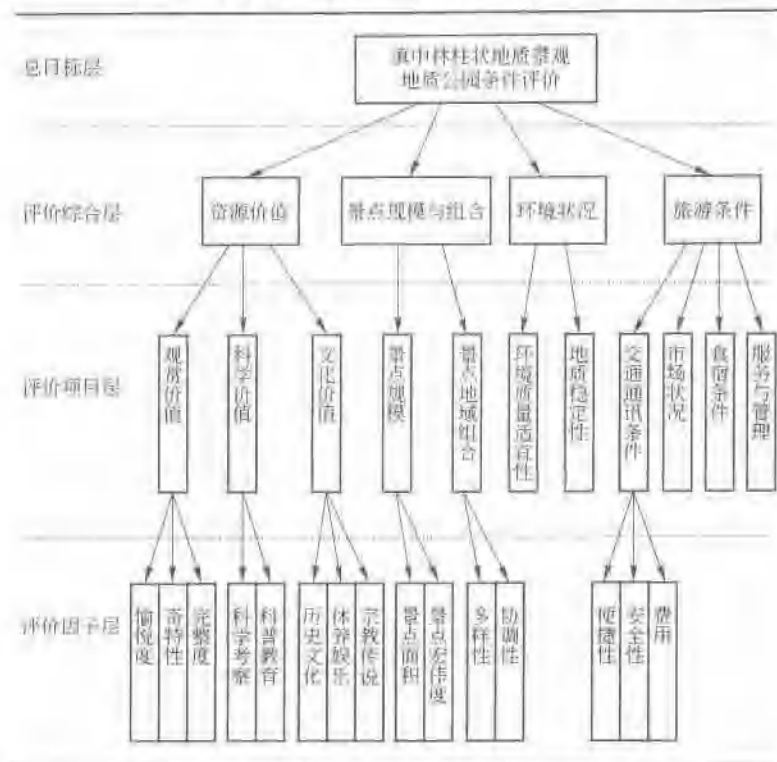
元江彩色膏林刚发现, 还未进行实质性的旅游开发, 未正式对外接待游客, 旅游经济价值和社会价值还未体现出来。

5.4.5 地质公园条件的定量评价

根据上述地质公园主要条件的定性分析,在有关专家指导和协作下,应用层次分析法再进行地质公园条件定量评价。

层次分析法的基本点是通过人们较易进行的两两相互判别而达到整体比较的目的,一般先设置评价层:总目标层、评价综合层、评价项目层和评价因子层4个层次,见表5-4。

表 5-4 滇中林柱状地质景观地质公园的条件评价层



然后利用特尔菲法对评价综合层、评价项目层和评价因子层3个层次中的具体资源价值体现,邀请专家进行评分,据此计算

出各层内部之间的权重值作为评价参数。模糊赋值法则将各相关因子划分为不同等级,为每一个等级赋分。最后,对区域景点或景区进行分项打分,再采用加权求和的方法计算出各景点(区)的得分值,得分的高低表示资源价值的大小。

按照上述原则和程序,首先根据专家意见,确定了因子权重。以100分按权重赋予各个因素分值。得到滇中林柱状地质景观定量评价参数,见表5-5。

表 5-5 滇中林柱状地质景观的定量评价参数

综合层	分值	项目层	分值	评价因子	分值
资源 价值	70	观赏价值	40	愉悦度	18
				奇特性	11
				完整度	11
		科学价值	14	科学考察	6
				科普教育	8
		文化价值	16	历史文化	8
				休养娱乐	5
				宗教传说	3
景点 规模 与 组合	14	景点规模	6	景点面积	2
				景点宏伟度	4
		景点地域组合	8	多样性	5
				协调性	3
环境 状况	5	环境质量适宜性	3	环境质量 适宜性	3
		地质稳定性	2	地质稳定性	2
旅游 条件	11	交通通讯条件	6	便捷性	3
				安全性	2
				费用	1
		市场条件	3	市场条件	3
		食宿条件	1	食宿条件	1
		服务与管理	1	服务与管理	1

评价因子的权重值,经专家打分后,再参照其他项目对上述评价因子权重的经验值,有一定调整。

利用上表,再根据一定的限分标准或评价因子赋值参考标准,见表5-6,对滇中林柱状地质景观进行分项评价打分,最后得到综合得分结果,见表5-7。

表 5-6 评价因子赋值参考标准

综合层	项目层	评价因子	参 考 赋 值 标 准
资源 价值	观赏 价值	愉悦度	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
		奇特性	唯一(0.8~1), 罕见(0.6~0.8), 少见(0.4~0.6), 较多(0.2~0.4), 普遍(0~0.2)
		完整度	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
	科学 价值	科学考察	国家级地质遗迹保护区(0.8~1): (1)能为一个大区域甚至全球演化过程中,某一重大地质历史事件或演化阶段提供重要地质证据的地质遗迹。(2)具有国际或国内大区域地层(构造)对比意义的典型剖面、化石及产地。(3)具有国际或国内典型地学意义的地质景观或现象。 省级地质遗迹保护区(0.6~0.8): (1)能为区域地质历史演化阶段提供重要地质证据的地质遗迹。(2)有区域地层(构造)对比意义的典型剖面、化石及产地。(3)在地学分区及分类上,具有代表性或较高历史、文化、旅游价值的地质景观。 县级地质遗迹保护区(0.4~0.6): (1)在本县范围内具有科学研究价值的典型剖面、化石及产地。(2)在小区域内具有特色的地质景观或地质遗迹。 一般科考价值(0.2~0.4): 有一定科学研究价值的地质现象和地质体。科考价值差(0~0.2): 少或没有科学考察价值
		科普教育	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
	文化 价值	历史文化	历史文化国际知名(0.8~1), 国内知名(0.6~0.8), 省内知名(0.4~0.6), 区内知名(0.2~0.4), 知名度差(0~0.2)
		休闲娱乐	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
		宗教传说	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)

续表 5-6

综合层	项目层	评价因子	参 考 赋 值 标 准
景点规模与组合	景点规模	景点面积	很大(0.8~1), 大(0.6~0.8), 较大(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 很小(0~0.2)
		景点宏伟度	很雄伟(0.8~1), 雄伟(0.6~0.8), 较雄伟(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
	景点地域组合	多样性	区内三景点以上组合(1), 区内三景点组合(0.8), 区内二景点组合(0.5), 区内单一景点(0)
		协调性	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
环境状况	环境质量适宜性	环境质量适宜性	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
	地质稳定性	地质稳定性	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
旅游条件	交通通讯条件	便捷性	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
		安全性	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
		费用	很便宜(0.8~1), 便宜(0.6~0.8), 一般(0.4~0.6), 较贵(0.2~0.4), 很贵(0~0.2)
	市场条件	市场条件	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
	食宿条件	食宿条件	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)
	服务与管理	服务与管理	很好(0.8~1), 好(0.6~0.8), 较好(0.4~0.6), 一般(0.2~0.4), 差(0~0.2)

表中的分值,也可换算成百分制。如 0.2 代表 20 分, 0.8 代表 80 分等。

表 5-7 滇中林柱状地质景观地质公园的条件评价得分

评价综合层	分值	评价项目层	分值	评价因子层	分值	路南石林	陆良彩色沙林	元谋土林	元江彩色膏林
资源价值	70	观赏价值	40	愉悦度	18	17	17	17	16
				奇特性	11	10	11	10	9
				完整度	11	10	10	10	10
		科学价值	14	科学考察	6	5	5	5	4
				科普教育	8	7	7	7	6
		文化价值	16	历史文化	8	7	6	6	4
				休闲娱乐	5	4	3	2	2
				宗教传说	3	2	2	2	1
景点规模与组合	14	景点规模	6	景点面积	3	3	1	1	1
				景点宏伟度	3	3	1	1	1
		景点地域组合	8	多样性	5	4	2	2	2
				协调性	3	3	2	2	2
环境状况	5	环境质量适宜性	3	环境质量适宜性	3	3	3	3	2
		地质稳定性	2	地质稳定性	2	2	1	1	1
旅游条件	11	交通通讯条件	6	便捷性	3	3	2	1	2
				安全性	2	2	2	2	2
				费用	1	1	1	1	1
		市场条件	3	市场条件	3	3	2	1	1
		食宿条件	1	食宿条件	1	1	1	1	1
		服务与管理	1	服务与管理	1	1	1	1	1
合计	100	100				91	80	76	69
级次						1	2	2	3

通过评价打分,路南石林得分为 91 分,地质公园条件为一级,陆良彩色沙林、元谋土林介于 76~80 分之间,地质公园条件为二级,元江彩色膏林分值为 69 分,地质公园条件为三级。

从地质公园的各项条件的定性与定量评价结果看,石林地质公园级别最高,已被评为世界地质公园和首批国家地质公园。路南石林在地质方面属演化历史最长、最复杂的喀斯特地质地貌区,有长达2亿多年的演化历史;具独特的水文地质学意义,展现出喀斯特演化与水文的联系;在形态景观上造型多样,其中剑状最为典型,具突出的自然美;同时,石林地区对应于亚热带季风气候下的高原喀斯特生态系统,有开展生态旅游的条件,有生态美特征;撒尼人的民风民俗融入其中,又使其有较高的文化价值;距离客源的近便,交通的发达,使其具较强的旅游吸引力。多种价值的优良组合,使其旅游价值凸显,由此也带来巨大的经济效益,使旅游成为当地的主要经济支柱。石林建立了功能分区,为地质公园促进地方经济发展探索了一种模式。因此,石林符合世界地质公园、国家地质公园对旅游经济的要求,社会、经济效益显著。

陆良彩色沙林地质遗迹罕见而有特色,旅游开展成效大,符合国家地质公园的宗旨和目标,具备国家地质公园的基本条件,但由于面积较小,只能是小型国家地质公园。

元谋土林景观地质遗迹较为典型,一些地质属性还较为特别,但整体并不具稀有性,旅游开展成效也不大,还未达到国家地质公园的宗旨和目标,可积极争取成为云南省的省级小型地质公园。

元江彩色膏林成景作用较为罕见,但从外在形态看,与其他林柱体差异不大,容易替代,加之景区面积小,旅游基础设施还未配套,多数条件还不具备国家级、省级地质公园的要求,暂且作为地方级地质遗迹保护区或地方级地质公园。

5.5 林柱状地质景观特征因子评价

选取反映林柱本身特征的因子作为评价因子,赋予其量值,建立评价标准,用量值的大小反映林柱品质优劣。

第一步,选取滇中林柱状地质景观特征因子并拟定评价标准,见表5-8。

表5-8 林柱状地质景观的价值特征评分标准

因子名称	权重/%	10~8	8~7	7~5	5~3	3~1
柱体高度	10	200m以上	100~200	50~100	25~50	25m以下
林柱体面积(规模度)	10	200km ²	100~200	50~100	25~50	25以下
林柱形态要素种类	15	8种以上	5~8种	3~5种	2~3种	1种以下
柱体稳定性(侵蚀模数)	15	4000t/(km ² ·a)以下	4000~6000t/(km ² ·a)	6000~8000t/(km ² ·a)	8000~10000t/(km ² ·a)	10000t/(km ² ·a)以上
林柱特殊度	15	罕见	少见	较少	较普遍	很普遍
林柱优美度	15	非常美	很美	比较美	一般	不美
林柱景象组合度	10	极佳	很好	较好	一般	单调
地质特色意义	10	很有特色	有特色	较有特色	一般	没有特色

第二步,结合专家和调查,问卷方法,进行评分,见表5-9。

表5-9 滇中林柱状地质景观的特征因子评分表

分 值 因子名称	林柱名称	石林	沙林	土林	膏林
柱体高度		5	5	5	5
林柱体面积(规模度)		10	3	5	2
林柱形态要素种类		10	8	8	7
柱体稳定性(侵蚀模数)		10	5	5	5
特殊度		10	8	8	8
优美度		10	10	10	8
景象组合度		10	7	7	5
地质特色意义		10	8	7	7

第三步, 确定各林柱状地质景观的特征值数据及其品质表现, 并定出各因子在标准列表中的等级。先求出各因子的小分 S_i , 将等级分值 S_i 乘以该因子的权重系数, 得出该因子的评价小分, 再对各因子小分求和, 得出各林柱状地质景观的评价总分 $S(S = \sum_{i=1}^n S_i \times W_i)$ 。

第四步, 根据总分, 评定旅游资源价值。算出的总分应介于 0~10 分之间, 如落在 10~7.5 之间, 则为一级; 如落在 5.0~7.5 之间, 则为二级; 如落在 3.0~5.0 之间, 则为三级; 如落在 0.0~3.0 之间, 则为四级。按以上原则及步骤计算出各林柱状地质景观得分及划分等级, 见表 5-10。

表 5-10 滇中林柱状地质景观的得分及等级表

名 称	得 分	质量等级
石 林	9.5	优 (一级)
沙 林	7.05	良 (二级)
土 林	7.65	良 (二级)
膏 林	6.10	良 (二级)

5.6 旅游综合条件评价

旅游价值研究是一项复杂而系统的工作, 必须统筹、综合研究影响旅游价值的因子。在对构成滇中林柱状地质景观旅游价值主体部分的观赏价值、科学价值、经济价值研究的基础上, 再全面选择影响旅游价值的多个因子, 进行旅游综合条件评价。因子选择涉及的范围扩大, 不仅有反映林柱体本身资源条件的因子, 也有后天可变的人文、交通等旅游环境因子, 评价更为全面。

为了更好地反映林柱状地质景观的综合旅游价值, 避免个人因素影响评价结果, 更符合国家规范, 评价方法、评价项目和评

价因子依据《2003 年国家旅游资源评价标准》，并得出评价结果，见表 5-11。

该标准采用专家打分评价方法，依据“旅游资源共有因子综合评价系统”赋分。该评价系统设“评价项目”和“评价因子”两个档次。评价项目为“资源要素价值”、“资源影响力”、“附加值”。其中：

“资源要素价值”项目中含“观赏游憩使用价值”、“历史文化科学艺术价值”、“珍稀奇特程度”、“规模、丰度与概率”、“完整性”等 5 项评价因子。

“资源影响力”项目中含“知名度和影响力”、“适游期或使用范围”等 2 项评价因子。

“附加值”含“环境保护与环境安全”1 项评价因子。

计分方法：

(1) 基本分值。

评价项目和评价因子用量值表示。资源要素价值和资源影响力总分为 100 分，其中：

“资源要素价值”为 85 分，分配如下：“观赏游憩使用价值”30 分，“历史文化科学艺术价值”25 分，“珍稀奇特程度”15 分，“规模、丰度与概率”10 分，“完整性”5 分。

“资源影响力”为 15 分，其中：“知名度和影响力”10 分，“适游期或使用范围”5 分。“附加值”中“环境保护与环境安全”，分正分和负分。

每一评价因子分为 4 个档次，其因子分值相应分为 4 档。

(2) 计分与等级划分。

计分：根据对旅游资源单体的评价，得出该单体旅游资源共有综合因子评价赋分值。旅游资源评价等级指标。

依据旅游资源单体评价总分，将其分为五级：

五级旅游资源，得分值域 90 分；

四级旅游资源，得分值域大于 75~89 分；

三级旅游资源，得分值域大于 60~74 分；

二级旅游资源, 得分值域 45~59 分;

一级旅游资源, 得分值域大于 30~44 分。

此外还有: 未获等级旅游资源, 得分为 29 分。

其中:

五级旅游资源称为, “特品级旅游资源”;

四级、三级旅游资源被通称为“优良级旅游资源”;

二级、一级旅游资源被通称为“普通级旅游资源”。

表 5-11 滇中林柱状地质景观的旅游综合条件评分

评价项目	评价因子	评价依据	赋值	石林 (得分)	彩色 沙林 (得分)	土林 (得分)	彩色 普林 (得分)
资源要素价值 (85 分)	观赏 游憩 使用 价值 (30 分)	全部或其中一项具有极高的观赏价值、游憩价值、使用价值	30~22	30	25	25	25
		全部或其中一项具有很高的观赏价值、游憩价值、使用价值	21~13				
		全部或其中一项具有较高的观赏价值、游憩价值、使用价值	12~6				
		全部或其中一项具有一般观赏价值、游憩价值、使用价值	5~1				
	历史文化 科学 艺术 价值 (25 分)	同时或其中一项具有世界意义的历史价值、文化价值、科学价值、艺术价值	25~20	25			
		同时或其中一项具有全国意义的历史价值、文化价值、科学价值、艺术价值	19~13		19	18	
		同时或其中一项具有省级意义的历史价值、文化价值、科学价值、艺术价值	12~6				12
		历史价值, 或文化价值, 或科学价值, 或艺术价值具有地区意义	5~1				

续表 5-11

评价项目	评价因子	评 价 依 据	赋值	石林 (得分)	彩色 沙林 (得分)	土林 (得分)	彩色 膏林 (得分)
资源要素价值 (85分)	珍稀奇特程度 (15分)	有大量珍稀物种, 或景观异常奇特, 或此类现象在其他地区罕见	15~13				
		有较多珍稀物种, 或景观独特, 或此类现象在其他地区很少见	12~9	12	12	12	9
		有少量珍稀物种, 或景观突出, 或此类现象在其他地区少见	8~4				
		有个别珍稀物种, 或景观比较突出, 或此类现象在其他地区较多见	3~1				
	规模、丰度与概率 (40分)	独立型旅游资源单体规模、体量巨大; 集合型旅游资源单体结构完美、疏密度优良级; 自然景观和人文活动周期性发生或频率极高	10~8	10	8	9	
		独立型旅游资源单体规模、体量较大; 集合型旅游资源单体结构很和谐、疏密度良好; 自然景观和人文活动周期性发生或频率很高	7~5				7
		独立型旅游资源单体规模、体量中等; 集合型旅游资源单体结构和谐、疏密度较好; 自然景观和人文活动周期性发生或频率较高	4~3				
		独立型旅游资源单体规模、体量较小; 集合型旅游资源单体结构较和谐、疏密度一般; 自然景观和人文活动周期性发生或频率较小	2~1				

续表 5-11

评价项目	评价因子	评 价 依 据	赋值	石林 (得分)	彩色 沙林 (得分)	土林 (得分)	彩色 膏林 (得分)
资源要素价值 (85分)	完整性 (5分)	形态与结构保持完整	5~4	5			
		形态与结构有少量变化,但不明显	3		3	3	3
		形态与结构有明显变化	2				
		形态与结构有重大变化	1				
	知名度和影响力 (10分)	在世界范围内知名,或构成世界承认的名牌	10~8				
		在全国范围内知名,或构成全国性的名牌	7~5	7			
		在本省范围内知名,或构成省内的名牌	4~3		4	4	3
		在本地区范围内知名,或构成本地区名牌	2~1				
	适游期或使用范围 (5分)	适宜游览的日期每年超过300天,或适宜于所有游客使用和参与	5~4				
		适宜游览的日期每年超过250天,或适宜于80%左右游客使用和参与	3	3	3	3	3
		适宜游览的日期超过150天,或适宜于60%左右游客使用和参与	2				
		适宜游览的日期每年超过100天,或适宜于40%左右游客使用和参与	1				

续表 5-11

评价项目	评价因子	评价依据	赋值	石林 (得分)	彩色 沙林 (得分)	土林 (得分)	彩色 膏林 (得分)
附加 值	环境 保护 与环 境 安全	已受到严重污染, 或存在严重安全隐患	-5				
		已受到中度污染, 或存在明显安全隐患	-1				
		已受到轻度污染, 或存在一定安全隐患	-3			-3	
		已有工程保护措施, 环境安全得到保证	3	3	3		
得分 总计				95 (特品 级)	77 (优良 级)	71 (优良 级)	62 (优良 级)

按《2003年国家旅游资源评价标准》, 得出以下结论。石林属特品级旅游资源(95分), 陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林为优良级, 但评分分别为77分、71分、62分, 级别又逐次递降, 存在一定差异。

通过上述各种不同评价方法, 依据不同的评价内容, 采用不同的重要性因子, 从不同的角度对滇中林柱状地质景观开展了定性或定量评价, 反映了不同的旅游价值评价取向。综合各种评价方法的结果看, 路南石林旅游品级最高, 旅游价值最高, 用不同的方法均可得到这样的结论。相对而言, 陆良彩色沙林与元谋土林介于中等或良好级水平, 总体上看元谋土林与陆良彩色沙林旅游价值差距并不明显, 但在市场运作等方面存在差异。目前来看, 陆良彩色沙林自然与人文结合更好, 旅游意识强, 宣传到位, 沙雕文化与沙林旅游相辅相成, 更具地质公园的优势; 元谋土林在旅游后天, 可变性的条件方面, 还需加强, 如交通的改善、旅游宣传和市场营销、人文旅游活动的配套等方面。

几种评价方法均表明,目前来看,元江彩色膏林旅游品级最低,元江彩色膏林成景作用特殊,但在其他能综合体现旅游价值的条件方面,还有明显欠缺,知名度不高,旅游基础设施不完善,宣传投入不够等因素使其旅游开展受到限制。

林柱状地质资源开发中的 人地关系与环境保护

第6章

6.1 旅游地质资源人地关系系统

6.1.1 旅游地质资源人地关系系统涵义

人类活动在资源开发过程中与资源环境之间形成的相互关系，称为人地关系。

地质资源环境是人类活动环境中由人和地质体、地质资源环境所构成的人地关系系统。

旅游地质资源环境，是以旅游地质资源为基础，由地质作用、地质景观与地貌地理、植被、生物、生态、气候各环境因素与人类旅游活动共同构成的综合体；是可供人类休闲观光/观赏，从中得到享受，起到既休闲，又增长知识、启迪智慧、开阔视野、陶冶情操的人类旅游活动的地质资源环境。在有限性、脆弱性地质资源环境中叠加了可供旅游的观赏条件、科考条件，具有这种旅游条件的地质资源环境则更有限、更脆弱，商品级的旅游地质资源环境则更为稀少、珍贵，更要求人类活动中要站在人地关系的角度，加倍的呵护旅游地质资源环境。

旅游地质资源处于由岩石圈、大气圈、水圈和生物圈组成的自然环境系统中，再叠加了以旅游活动为主的人类影响因素，构成综合性的旅游地质资源人地关系系统。在这样的人地关系结构体系中各大圈层中各种细分要素的变化，都会影响旅游地质资源环境，如气候变暖、大气污染、水源减少、水循环破坏、水体污染、植被减少、生物多样性受损等。

在旅游地质资源环境系统中，形成的人地关系系统如图 6-1

所示。

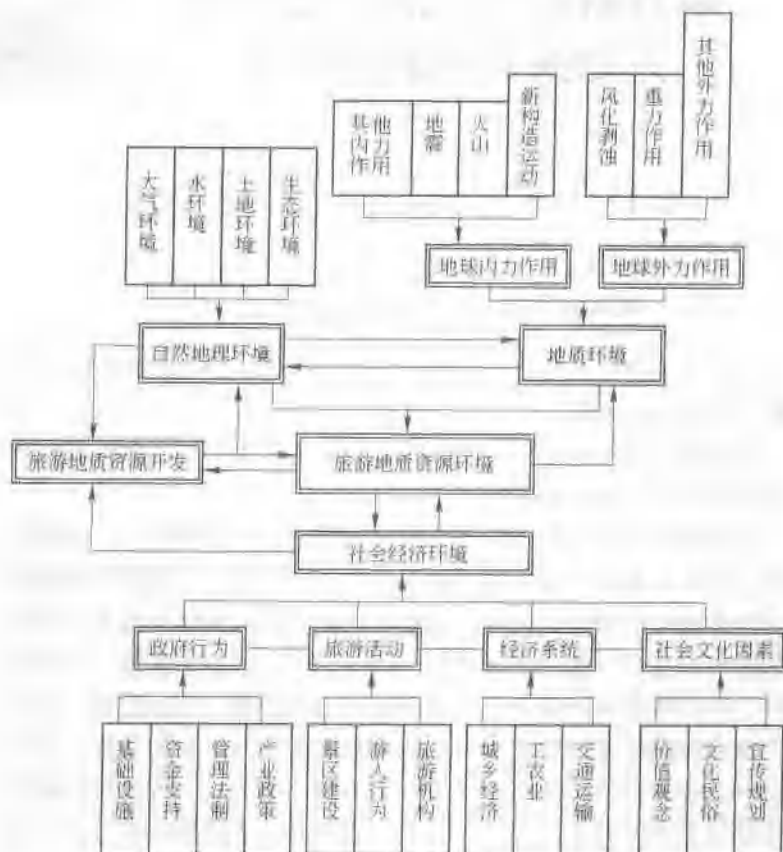


图 6-1 旅游地质资源人地关系系统

在旅游地质资源环境系中，自然地理要素、地质要素和社会经济要素是影响人地关系系统的主导因素。其中，地质环境是自然环境系统中影响旅游发展和人类生产生活最重要的一个组成部分，在自然环境系统中起着根本性的作用。它通过形式多样的内外力作用，如地震、火山、冰川、侵蚀、剥蚀、重力等作用，塑造着旅游地质资源，同时与自然环境系统相互影响、相互作用，

与大气圈、水圈、生物圈交换物质和能量,发生不断的演进和变化,并在长期的作用过程中,达到相对的平衡与稳定。人地关系中资源利用是中心环节,在资源的利用过程中,体现出人类利用资源的强度、速度、正负效应,带来一系列的后续问题,反映出人地关系是否和谐。在把滇中林柱状地质景观作为旅游地质资源开发的过程中,也会产生一系列的人地关系问题。

从旅游地质资源人地关系系统图中可看出,旅游地质环境既受自然环境也受人文环境的影响。形成了一个统一的相互联系、相互作用、相互制约的完整体系。人类活动,通过社会经济环境与旅游地质资源环境发生作用,旅游是重要的人类休闲活动及重要产业,是关联性强的产业,能带动其他产业,如交通、饮食业的发展。通过政府行为、旅游活动的实施、经济系统的运行、社会文化因素的变化,可以对旅游地质资源与环境产生实质影响,能量巨大,甚至超过各种自然环境的影响,且迅速而突然。

人类通过各种社会经济活动,如城乡建设、发展工农业、进行铁路、公路、机场等基础设施建设,资源的开发利用及由此产生的各种污染和破坏活动,直接或间接影响到旅游地质资源环境,常常会改变资源形态、演变过程,起到加速或延缓地质资源破坏的作用,如能发挥人类社会经济活动的正面效应,也会有利于地质资源的开发与保护;相反,人类活动、生产生活方式如果不遵循自然界的客观规律,也会破坏自然环境,使社会经济和人类生活深受大自然的报复。

因此,在把地质资源转化为旅游地质资源的过程中,受到自然地理和地质环境及社会环境多因素的制约,需要考虑到各环境要素的变化,如社会环境中的政府行为、旅游者行为、旅游设施建设、宣传、培训等,还要对生态环境中影响的因素,如大气环境、水环境、生物环境、岩石圈环境,作出分析评估。这样才能使旅游地质资源环境在所涉及到的大系统、开放系统中处于动态平衡。

6.1.2 旅游地质资源人地关系特性

通过对旅游地质资源环境结构要素系统的分析,表明旅游地质资源环境具有复杂性、多要素性、整体性、有限性、灾变性、不可逆性、脆弱性、突发性或滞后性、长期性、变异性、报复性等特点。

(1) 复杂性:旅游地质资源环境也是一个开放型的复杂系统,也是涉及人与地、自然要素与社会要素、人类活动影响和自然资源环境相互作用的生态系统。包括了许多可变性与非确定性因素,需要用综合的现代科学方法,以地质、地理等地学为基础,应用系统论、信息论、控制论、耗散结构论、协同论、突变论,吸收环境科学、系统科学、信息科学、应用数学等学科方法,研究旅游地质资源人地系统的层次、基本功能、动力机制、演变趋势等。

(2) 多要素性:旅游地质资源环境构成要素具复杂性,旅游地质资源环境人地关系是一个统一的大系统,它由许多独立而又相互联系的环境要素所组成,如生物、水、气候、土地、人类活动等。

(3) 整体性:旅游地质资源环境不以人为的地域界线(如国界、地质界限)而分割。

(4) 有限性:旅游地质资源量有限,相应的旅游地质资源环境容量也有限。

(5) 灾变性:旅游地质资源环境容纳污染或资源肆意开发能力有限,超出范围则将导致灾变。

(6) 不可逆性、脆弱性:旅游地质资源环境一旦遭到破坏,不能彻底回复到原状态。

(7) 突发性或滞后性:旅游地质资源环境受影响的后果及环境效应可能迅速显现,也可能潜伏漫长的时期后再显现其后果。

(8) 长期性:旅游地质资源环境的污染破坏造成的后果是长期的、持续的,难以在短时间内中和、消尽。

(9) 变异性: 环境变化导致的结果有些难以预测, 会导致一系列与之相关的变异, 让人类难以认识和防治, 祸及当代, 殃及子孙。

(10) 报复性: 旅游地质资源环境所受的影响, 通过环境网络系统, 可能形成恶性反馈, 扩大灾害的影响。

旅游地质资源环境特性, 提醒我们对旅游地质环境人地关系必须有清醒的认识, 要正确叠加人类活动在旅游地质资源环境之上, 使旅游地质资源环境的承受力始终保持在人类活动强度之内, 要协调好人类旅游发展的程度、人类活动的强度、力度、速度与环境承载力的关系, 以保持人地关系的和谐发展。旅游地质资源环境与人类活动的关系, 是相互影响、相互作用的, 这种关系是互动的, 在人类活动正确影响下, 旅游地质资源环境促进旅游业发展, 给人类带来效益, 但同时不合理的开发, 有可能造成旅游地质资源和环境的破坏, 又会反作用于人类社会, 带来巨大的副作用。

类似地, 滇中林柱状地质景观旅游开发中的人地关系地域系统, 是由林柱状地质景观本身, 旅游活动、旅游地质资源环境等要素构成的体系, 应遵循旅游地质资源人地关系的一般规律, 正确处理旅游开发中出现的一系列人地关系问题, 促进旅游价值的体现和提升。

6.2 滇中林柱状地质景观 开发中的人地关系现状

6.2.1 路南石林岩溶环境问题

路南石林景区内的生态环境属于岩溶生态环境系统, 既不可再生, 又比较脆弱, 其上的植被主要由具有岩生性、旱生性、附生性和喜钙性的植物及灌丛组成, 一旦遭到破坏, 难以得到恢复。岩溶环境问题主要体现在以下几方面: 岩漠化、水土流失问

题、人工活动、地下水位下降、水资源短缺等。

(1) 岩漠化: 岩漠化是指在亚热带地区岩溶极其发育的自然环境背景下, 受人为活动的干扰破坏, 造成土壤严重侵蚀, 基岩大面积出露, 生产力严重下降的土地退化现象, 是岩溶环境的演变过程。在石林地区也不同程度的存在, 只不过由于不涉及到农事活动, 农民转为从事旅游等第三产业, 岩漠化问题未引起当地人重视。事实上相伴而生的水源奇缺、水土流失已影响到生产生活。

(2) 水土流失: 石林岩石已固结成岩, 稳定性相对较强, 但石林周边的区域生态环境值得重视, 这是岩溶旅游资源生态环境保护的基础。石林的成景物质基础是易溶性碳酸盐岩, 其母质的自然造土能力进程缓慢, 湿热气候条件下溶解物仅有 5%~10% 的残余物可形成土壤母质。在自然状态下需要溶解 10~20cm 的岩石、至少历时 400 年经过各种生物、物理化学作用才能形成 1cm 厚的土层, 由于附着力弱, 水土的保持也相当困难。

(3) 人工活动: 路南石林周边工农业、建筑原料的开采、基础设施和旅游设施的建设, 城市化进程加快, 对石林的岩溶生态环境影响较大。污染的大气和降水对石灰岩石柱表面的侵蚀造成苔藓生物的死亡, 使石林景观形象受损。旅游人流产生的废弃物过多也是一大威胁。

地下水位下降会引起地面沉降, 随后的岩溶塌陷造成地表林柱和地下林柱的破坏。如石林祭白龙洞开放后, 两端开拓出口, 因遭到强烈震动而使洞穴中的鹅管、石枝、石花和方解石不同程度的折断、崩落和污染, 后又承包给个体户经营, 开放仅 10 多年即关闭。

此外水资源短缺、区域水资源平衡供求失衡也是环境保护面临的问题。

6.2.2 沙林、土林、膏林柱体破坏问题

沙林、土林、膏林柱体的保护, 由于水土流失加剧及人工活

动的影响,稳定性越来越差,给柱体保护带来了难题。

由于水流侧蚀作用的加强,掏空柱体下部,使柱体塌陷的现象在沙林、土林、膏林中均有不同程度的存在。景区内水土流失的发生,一方面使新景产生,但另一方面,使旧景消失或削弱,柱体破损或倒塌。前一种结果,新景的产生不一定有价值,相反,对后一种结果,长时间形成的具观赏价值的柱体可能消失。

例如,彩色沙林从发现至今,不过十多年的时间,据当地人讲,有些沙体已经不再像从前,甚至消失。如:“祝融夫人”像,肢体被破坏,后经人工制作补上。现在著名的“纛王出征”景点,孟获的将军肚,由于流水、风化作用的影响,凸起的将军肚逐渐夷平。另外,侧蚀作用对柱体景观保护影响也较大,在土林中有的侧蚀沟高达40余厘米,进深1.2m左右,使柱体失去支撑,产生重力崩塌现象。

陆良彩色沙林靠五峰山一侧的沙体,受五峰山开挖公路、修建马道及雨季的影响,加剧了水土流失现象,对沙体本身的破坏性极大。

元谋土林中单点暴雨也使柱体垮塌厉害,如“糕点作坊”、“海豚献宝”、“土司古堡”、“灯塔古堡”、“仙女宫”、“七狮古堡”等景点。

元谋虎跳滩土林中的“药女”景点,柱体由于缺乏铁质风化壳保护,原有头帕、垂带、背篓、花、百皱裙等形似部分,经水流冲刷淋蚀后,现只有百皱裙还有保留。

元谋土林中无铁帽或植被保护的柱体往往形成尖柱,最后导致柱体的倒塌。

彩色膏林的单个峰柱达到一定高度时,由于峰柱本身的重力,加上峰柱上端常年处于地上强风和冷热风对流环境作用下,使峰柱上部风化侵蚀加快,逐渐变小。尤其是当周边环境剧变,改变了原干热环境,在峰柱底部有汇水沟时,沟水流动造成的侧向侵蚀掏空,使峰柱底边部分悬空,产生重力支撑失衡的缓慢拉张裂隙,这种张裂隙会迅速地向上扩张贯通后,将使整个峰柱因

底部失稳垮塌，峰柱则永久消亡，变化成松土残丘。

林柱体的破坏往往与水土流失有关，在均为松散性沉积物的前提下，一般而言，水土流失越剧烈，柱体越容易遭侵蚀而破坏。反映水土流失强弱的指标一般以侵蚀模数来说明。滇中林柱状地质景观侵蚀模数的对比见表6-1。

表 6-1 滇中林柱状地质景观侵蚀模数的对比

对比项目	石林	陆良彩色沙林	元谋土林	元江彩色膏林
水土流失侵蚀模数与溶蚀率	由于岩性及作用不同，石林用溶蚀率来表示岩石变化程度。运用水化学成分方法得到的现代综合溶蚀率在32~73mm/ka；标准石灰岩试片的溶蚀率是9.3~37mm/ka	据相关资料估算，土壤侵蚀模数为6000~8000 $/(km^2 \cdot a)$	据钱方资料，年平均千米土壤侵蚀量为7754 m^3/km^2 ，相当于土壤平均侵蚀模数为(855.6) $/(km^2 \cdot a)$	溯源侵蚀加快明显，年平均流失厚度2~4mm左右，相当于土壤平均侵蚀模数为8000 $/(km^2 \cdot a)$

资料来源：据吴志亮等资料。

表 6-2 土壤侵蚀分级

级 别	侵蚀模数 $(t \cdot (km^2 \cdot a)^{-1})$	相当年均侵蚀厚度/mm
I 微度侵蚀	$<200, 500, 1000$	0.16, 0.4, 0.8
II 轻度侵蚀	$(200, 500, 1000) \sim 2500$	$(0.16, 0.4, 0.8) \sim 2$
III 中度侵蚀	2500~5000	2~4
IV 强度侵蚀	5000~8000	4~6
V 极强度侵蚀	8000~15000	6~12
VI 剧烈侵蚀	>15000	>12

资料来源：据水利电力部土壤侵蚀分级标准。

另外，通过侵蚀模数的对比，并比照土壤侵蚀分级，见表6-2，发现土林水土流失最为严重，换算成年均侵蚀厚度看，土林的平均侵蚀速率为6.16~41.6mm/a，超过滇东岩溶高原喀斯特地貌平均侵蚀速率的120~830倍。

根据侵蚀模数类比法的计算,土林形成约需 96~6490 年。可能最早形成于中全新世的大西洋期,最晚形成于亚大西洋期,高大的土林可能是全新世亚北方期的产物。土林发育十分快,意味着进入老年期而消亡的速度也不会慢,人类活动加速或延缓土林的生长或衰亡。陆良彩色沙林,元江彩色膏林水土流失较强,生长和消亡的速度也较快。

刘宏用溶蚀试片测定了石林地区于表面及石柱顶部的溶蚀速率为 $10.44\text{mm}/10^3\text{a}$,土下平均溶蚀速度为 $28.7\text{mm}/10^3\text{a}$,并据此算得在现代自然条件下,石林仍在以 $18.37\sim 28.7\text{mm}/10^3\text{a}$ 速度生长,形成 30m 高度的石柱一根约需 163 万年,相当于中更新世的时间尺度。

滇中淋溶型林柱状地质景观的形成与发育,与其土层侵蚀量有很大关系。美国普渡大学曾根据 30 余个观测站数以万计的资料,用电子计算机加以分析,得出下列通用的土壤流失方程

$$A=0.224 \cdot R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

式中 A ——土壤流失量, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$;

R ——降雨侵蚀力;

K ——土壤可蚀性;

L ——坡长;

S ——坡度;

C ——植被覆盖率;

P ——土壤侵蚀控制措施。

按这一公式,从降雨侵蚀力来看主要是大气降水的击打和渗透作用,影响到柱体的稳定性。暴雨落下对坡地表面土壤的击打侵蚀作用这类微尺度和瞬时的过程,对柱体破坏作用不容忽视,彩色沙林、土林的一些柱体往往在难得一遇的暴雨、大雪后垮塌。如 1983 年年底,元谋下了一天百年难遇的雪,造成一些土柱的倒塌。除暴雨外,持续性小雨渗透力更强,水流渗透到砂和黏土层中,使其膨胀、松软、变形,加之干后收缩的不均匀变化,加速了柱体的倒塌。

沙林、土林的成景物质为半固结或松散的沙层或土层，岩性脆弱、松散疏松、抗蚀力差、侵蚀力大。其岩性为细粒状半固结的砂岩，有的地方风化严重，基本上没有胶结物，轻轻一抓，沙粒、土体即脱离体柱。仅靠沙粒、黏土支撑，有危沙成林、危土成林之貌。组分之间孔隙率高，透水性强，并且裂隙、节理发育，使土壤可蚀性强，加剧柱体的不稳定。

地形通过坡度和坡长影响水流在林柱体上的流速和流量，从坡度和坡长看，沙林台地、土林台地为一倾斜的台地面，例如，元谋新华土林的台地面，从浪巴铺村开始倾斜延伸，坡度近 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ，坡长几百米，为流水侵蚀提供了良好的条件，产生较强的侵蚀力，逐渐切割台面，形成高大的柱体。柱体或侵蚀台面或坡地上，缺乏植被保护，难以有效截留雨水，避免雨水的直接击打，加剧了柱体的减损。

沙林或土林有些未采取水土流失控制措施的地段，柱体倒塌现象十分明显。例如，元谋虎跳滩土林中，“千层糕”景点附近，水流侧向侵蚀严重，由于没有相应缓解措施，侧蚀延伸到柱体下部几米，削弱了对柱体的支撑力，造成倒塌现象。

景区内道路的修建、通讯线路、水管的铺设、游客的践踏破坏、人为的开采也是造成水土流失的重要原因。开垦的农田有的已经侵入到沙林、土林、膏林旁边，挖倒沙林、土林、膏林以扩地的事情时有发生，一些农民在沙林、土林、膏林边开挖沟渠，使林体的稳定性大受影响。地震、人工放炮、采矿等因素，也影响到柱体的稳定性。

6.2.3 陆良彩色沙林彩沙资源的有限性

因涉及到沙雕节赛的用沙问题，客观地评价彩色沙林的资源量（沙体的范围、各类沙体的展布、彩色沙体的规模数量质量），是彩色沙林开发与保护的重要前提。

在 6km^2 的沙林景区内，除去沟谷地带，彩色沙体主要集中在 2km^2 的范围内，储量有限。宋雨等人计算了彩沙储量，见表6-3。

表 6-3 陆良彩色沙林彩沙储量表

彩沙种类	银白色	金黄色	灰绿色	紫红色	灰黄色	灰白色	土黄色
体积/m ³	4.75×10^4	5.58×10^3	8.97×10^3	2.89×10^3	3.27×10^3	6.01×10^3	1.35×10^5

此外,像彩色沙林这样的景观,目前只在汤官箐一带发现,周边其他地方未大规模存在。

大多数彩沙资源,都是构成沙林独特地貌的成景物质,不能开采作他用。主要集中分布在沙林北部未受侵蚀的台地上,属沙林侵蚀较为剧烈的地区,为观光游览的景观资源。所以沙雕赛所用之沙并不丰富。如果每一次沙雕赛所用之沙约为 10~20 车 5t 卡车装载量,且不回收利用的话,几届沙雕赛之后沙林之彩沙将会告急。再加之流水侵蚀、风力作用及其他人工活动的影响,对彩沙使用压力更大。

人工开采除沙雕赛用沙外,有的是私人偷采,用瓶等盛装彩色沙体,用于出售。还要防止采沙用于建筑、工业用途。制定法规把沙林沙资源置于保护之下,使沙林沙资源只限于旅游活动,防止为短期经济利益,把沙资源用于其他用途。要充分认识到沙资源是沙林旅游业可持续发展的基础。

利益的驱使,使一些人为了己之利,在景区周围建洗沙池、凿炮眼、炸沙层、挖沙、售沙,给林柱状地质景观的保护造成了极大的威胁。这需要执法部门严加检查,严格执行《陆良彩色沙林风景区管理条例》,依法处理。

6.3 人地关系协调发展模式与保护策略

滇中林柱状地质景观旅游价值的体现,与其人地关系的协调程度密切相关。核心问题是正确处理人地关系地域系统中各要素的相互关系,针对滇中林柱状地质景观旅游开发中人地关系复杂性、多要素性、关联性、脆弱性等特点,有以下人地关系协调发

展模式及开发与保护策略,如图 6-2 所示。

6.3.1 实施水土保持工程

水土流失既是沙林、土林等林柱体的成景因素,也是保护的根本因素。因此,一方面,要保持景区水土流失的原貌,为开展观光旅游、科普旅游、环保教育提供条件,另一方面,针对水土流失对柱体的破坏,影响景观效果的实际,还要有针对性采取工程或生物措施对柱体加以保护。另外,要从根本上解决石林岩漠化等环境问题,也要实施水土保持工程,遏制岩漠化进程。

6.3.1.1 工程措施

保护林柱状地质景观,根治水土流失是关键。为保持景观原貌,增强林柱体的稳定性,针对出现的破损情况,探索护根、护壁、排水、填缝、喷膜等方法的综合运用。对即将或有危险的崩塌体,进行柔性防护网盖护,或采用护根方法,引走水流,或及时充填保护物质。对柱体暴露于空气中的壁面,由于壁面节理发育,流水易沿壁面节理下渗,加深加宽裂隙,易使柱体分崩瓦解,故排水是关键,为防止水流剧烈下渗,建引水槽导流过多水流,沟头陡坎可加渗注超细水泥浆液或用泄水防护工程;另外,运用环保物质填缝、喷浆,减少裂隙也是重要的保护方法。

在沙林景区,可沿五峰山山麓修建排水沟,减少沿沙林台地流入的水流,喷洒透明、环保的固结剂,特别是对新鲜岩面,为减缓风化,更应采取类似措施。在沟谷侵蚀区要采用“上拦下堵”的方法,“上拦”即在沟头外缘修筑天沟,“下堵”即在沟口建立堤坝或拦沙坝,以此减弱下蚀或侧蚀作用,减少沙体流失量。

科学地借鉴彩色膏林现象,即高大的峰柱表面具有一层膏泥浆状保护壳现象,对土林、沙林景区重要的景点,采用人工的方法进行喷浆保护。

铁质风化壳对于土林的保护有重要意义,要采取措施避免人



图 6-2 滇中林柱状地质景观人地关系的协调发展模式及保护策略

为因素对铁质风化壳的破坏,可采取工程措施加固。

还要严格控制景区内的积水、汇水,包括人工引水,较大的自然汇水,使景区内始终保持有一定的干燥度。开挖修建道路时一定要注意环保,补种砍伐的植被。

6.3.1.2 生物措施

沙林、土林、膏林土体上不宜种植树木,绿化也不要太突出。适度种植耐旱的草本植物,景区范围内应保持原有特色,如都像张家界石英砂岩峰林上绿树参天,也就失去了自身特有的韵味。但周边非景区范围,如彩色沙林的周边山区,山间流水流量和强度的大小,直接影响沙林的演化发育速度。为减轻流水的冲刷作用,有必要根据当地气候条件,选择合适植被类型,增加植被覆盖度,达到保水、保土、改土、涵养水源、改善生态环境、增加经济效益的目的。

元谋土林周边地区,治理水土流失宜林则林、宜果则果、宜草则草,全面规划,综合治理,选择西昌石榴、红吕宋芒果、广西龙眼、台湾青枣、甜酸角、印楝等树种,既可治理水土流失,又能获得良好的经济效益。

严格地讲,各种措施应建立在水土流失率的监控上。

首先要算出在自然条件下,由于水土流失而使林柱体消亡的年限,然后确定一个适当的旅游资源使用寿命或年限,依此计算出允许的水土流失率。允许的水土流失率计算公式为:

$$E_1 = E_n T / k$$

式中 E_1 ——允许水土流失率;

E_n ——自然水土流失率;

k ——比例系数, $k = T/t$;

T ——自然消亡时间;

t ——使用年限;

$E_n T$ ——自然消亡期内的总水土流失量;

$E_1 t$ ——林柱体作为旅游资源使用期内的总水土流失量。

当资源实际利用中引起的水土流失率大于 E_1 时,即为过度开发,会引起林柱状旅游资源景观的使用寿命缩短,质量衰退。

6.3.2 避免过分的人工化

石林在 1991 年 12 月申报世界自然遗产时,联合国教科文组织国际专家组对石林进行了考察,专家组对石林的商业化、人工化、城市化等问题产生质疑,认为现代人工痕迹浓重,缺乏自然遗产的自然性特质。因此,石林暂时放弃了申报,重新规划和准备,等条件成熟时再申报。经过十多年的发展,云南石林县石林更加注重生态的自然化,大力整改一些非自然性的设施和景观,终于在 2007 年达到世界自然遗产的条件,被评定为世界自然遗产。

陆良彩色沙林、元谋土林等的旅游开发应避免人工化、园林化问题。旅游设施的修建、旅游活动的开展,力求不损害林柱状地质景观赖以存在的基础和自然环境,保持其自然性。

6.3.3 分级分期保护

林柱状地质景观的保护可以按三个管理区划分,即核心生态保护区、特别景观区、一般管制区。以各旅游景区为核心,实行三级保护。一级保护区为核心景区,是指直接供游客浏览观赏的各游览区域以及需要进行特别保护的其他区域;二级保护区指风景区以内,核心景区以外的区域;三级保护区是指潜在的旅游景区或景区外围游客视线区域,三级区域的破坏会影响景区的整体美或可能将来会对景区环境构成威胁。

公园核心区内设施建设要严格要求,除了必要的风景资源保护设施和必要的旅游设施外,要与林柱状地质景观的野趣、荒原美保持一致,应拆除部分不合理人工设施,严禁在核心区内搞开发性项目。核心区只允许建造少量的、小型的、分散的与景观协调的基本服务设施,建筑风格,力求与当地自然环境和民俗风情

相统一,不得破坏地质景观和资源。

以沙林为例,目前核心区与旅游区混为一体,有些应该作为核心保护的地段甚至被游人践踏、挖取、毁坏,旅游开发中有建设滑道,开挖洞穴等活动。沙林“争论谷”,是彩色沙林旅游的核心地段,但游人到了那里,都喜欢采集各种色彩的沙,造成沙源流失、沙体破坏;“一线天”处的植硅石化石,游人喜欢将手伸进洞里,剥下形如木片的化石,用不了多久,估计这一珍贵的地质遗迹将不复存在。种种不合理现象令人担忧。

因此,应划定生态核心保护区,严格管制,不得随意进入。例如,彩色沙林为了减少人为破坏,可关闭部分旅游线路,只能远观,不得触摸和践踏沙体。学术研究采集沙粒、化石、标本实行申请书、许可证制度,防止非法采沙、用沙。

根据林柱状地质景观的发育过程,有针对性地维护壮年期林柱、培育幼年期林柱、拯救老年期林柱,使林柱状地质景观得以持久保存,为旅游可持续发展服务。培育幼年期柱体,就是要根据水土流失的一般规律,对景区内水流下蚀明显且有条件发育成具一定高度柱体的台地,在不损害整体景观的前提下,尝试性通过人工措施,加快流水切割、下蚀进程,如盆景般控制形态演变,形成特色林柱,取代已衰亡林柱。

6.3.4 合理调控环境容量

环境容量的概念最早出现于1838年,是由比利时的数学生物学家P. E. 弗胡斯特(P. E. Forest)提出的。到20世纪30年代中期,美国国家公园管理局呼吁对国家公园的承载力(carrying capacity)或饱和点(saturation point)进行研究,游憩环境容量(recreation carrying capacity)的提法首次提出。1964年美国学者韦格在其专著《具有游憩功能的荒野地的环境容量》中认为,游憩环境容量是指一个游憩地区,能够长期维持旅游品质的游憩使用量。1971年里蒙(Lim)和史迪科(G. H. Stankey)提出:游憩环境容量是指某一地区,在一定时间内,维持一定水

准给旅游者使用,而不破坏环境和影响游客体验的利用强度。并认为环境容量可分成生物物理容量(biophysical capacity)、社会文化容量(social-cultural capacity)、心理容量(psychological capacity)和管理容量(managerial capacity)。即使在游客人数相同的情况下,不同的行为方式、不同的资源敏感度、不同的空间分布、不同时间因素、不同的管理水平对环境容量均有影响。

从2001年7月1日开始,九寨沟决定将每天的游客人数限制在12000人以内。虽然这样会使九寨沟每年减少10万游客和2000万元收入,但对于风景的休养生息却起到了积极的作用。现以几大黄金周数据,见表6-4、表6-5、表6-6,说明滇中石林、沙林的旅游环境容量问题。

表6-4 2003年“十一”黄金周

时 间		9月 30日	10月 1日	10月 2日	10月 3日	10月 4日	10月 5日	10月 6日	10月 7日	合计
当日游客 接待数/人次	石林	2750	10316	16110	11773	7676	6628	5762	3334	64549
	沙林	120	807	2997	3670	4120	4130	1887	1010	18621
当日景区 容纳率/%	石林	13.8	51.6	80.5	58.9	38.4	33.1	28.8	17.7	39.75 (平均)
	沙林	1.0	6.7	24.9	30.5	34.3	34.4	15.7	8.4	12.05 (平均)

表6-5 2004年1月春节假期

时 间		25日	26日	27日	28日	29日	合计
当日游客 接待数/人次	石林	11763	13107	10634	9376	8996	53876
	沙林	3897	6542	5280	4876	4578	25173

续表 6-5

时 间		23 日	26 日	27 日	28 日	29 日	合 计
当日景区 容纳率/%	石林	59	66	53	47	43	53.8
	沙林	38	65	52	48	45	49.6

注：只有五天数据。

表 6-6 2004 年“五一”黄金周

时 间		1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日	合 计
当日游客 接待数/人次	石林	11551	13834	12458	9290	8386	5747	3288	64554
	沙林	1982	4023	7560	7856	8060	7218	1825	18621
当日景区 容纳率/%	石林	57.8	69.2	63.0	19.0	41.9	29.0	16.4	42.33 (平均)
	沙林	11	40.0	76.0	78.0	80.0	72.0	18.0	53.57 (平均)

资料来源：春城晚报。

表 6-4~表 6-6 中景区容纳率是指某景区景点当日接待游客数与最大日接待量之比。从景区容纳率这一指标看，三大黄金周石林平均分别为 39.75%、53.6%、42.33%，沙林平均分别为 12.05%、49.6%、53.57%，旅游指数中，各种旅游容量指标均未超出其最大日容量。

据表推算，石林最大日容量在 2 万人次左右，沙林最大日容量在 1 万人次左右，但最大日容量并不一定是合适的旅游环境容量，其数量往往与景区节庆活动有关，绝对数量是相当大的，如沙林沙雕节赛期间，一天之内参加的人数可达 5 万人次，进入景区的不少于 1 万人。密集而庞大的人流对沙体的破坏是显而易见的。

石林、沙林几个黄金周虽未达到最大日接待量水平，但黄金

周及节日期间游客人数大幅度增加,旅游景区的接待量是相当大的,至少是平时的5~10倍,给游客高质量的旅游体验及心理感受,带来一定的负面影响。而且,由于游客的大量涌入,缺乏管理和引导,游客对石林、沙林核心地段有一定的破坏作用。因此,为了游客有一个良好的游览环境及保护景观,黄金周及节日期间也应当调控人数。

用面积计算法可计算合适的旅游环境容量。用每个游客所占平均游览面积来计算。其公式为

$$C = S \times D \div S_0$$

式中 C ——环境日容量,人次;

S ——可游览面积, m^2 ;

S_0 ——游人应占面积, m^2 ;

D ——周转率 ($D = \text{景区开放时间} \div \text{游完全程所需时间}$)。

用面积法计算旅游环境容量时,路南石林旅游环境容量约在2万人次左右,约等于目前的最大日容量;沙林旅游环境容量为5000人次左右,比现在的最大日容量少5000人次。这样的游客量应是符合沙林实际的,沙林成景地层为松散沉积物,稳定性差,适当在高峰期限制游客人数应是合适的。特别应避免节日期间人为造势后游人的大量涌入。至于平时游览,一般难以达到旅游环境容量水平,可以不严格限制人数,但需做好管理、引导工作。

统计数据中没有涉及到元谋土林,可能是与其交通不便、游客较少有关。为了解其环境容量,运用上述面积计算法,可算出元谋几处土林的环境容量。

(1) 虎跳滩土林:依据所提供旅游景点的面积8ha,面积容量指标取 $10\text{m}^2/\text{人}$,周转率为2,最大日游人量为1600人,年可游日数为300d,则年游人最大容量为48万人次。

(2) 新华土林:依据所提供旅游景点的面积4ha,面积容量指标取 $10\text{m}^2/\text{人}$,周转率为2,最大日游人量为800人,年可游日数为300d,则年游人最大容量为24万人次。

(3) 班果土林: 依据所提供旅游景点的面积 6.1ha, 面积量指标取 $10\text{m}^2/\text{人}$, 周转率为 2, 最大日游人量为 1220 人, 年可游日数为 300d, 则年游人最大容量为 36.6 万人次。

计算表明, 几处土林的理论环境容量较大, 但实际游客人数并不多, 环境容量问题并不突出, 说明旅游开发还有潜力可挖, 但要控制游人对核心景观的人为破坏。

林柱状地质景观旅游地 生命周期与可持续利用

第7章

7.1 旅游地生命周期理论的应用及量度

加拿大学者巴特勒 (Butler R. W.) 于 1980 年提出了旅游地生命周期理论。认为旅游地的发展与演化一般经历六个阶段: 探查阶段、参与阶段、发展阶段、巩固阶段、停滞阶段、衰落或复苏阶段。后来者对该理论的不不断论证、实践, 使旅游地生命周期理论越来越得到关注和认同。美国哈维伦 (Hovinen, 1982) 对美国宾夕法尼亚州的莱克斯尔 (Lancaster) 旅游研究中发现, 莱克斯尔旅游发展的最初三个阶段符合巴特勒模型。斯瑞普 (Strapp, 1988) 研究认为加拿大安太略的沙布 (Sauble) 旅游生命周期在经历了停滞阶段后, 并没有进入衰落阶段, 也没有进入复苏阶段, 而是进入稳定阶段。盖茨 (Getz, 1992) 发现尼亚加拉瀑布生命周期存在明显的探索阶段, 但发展阶段来得非常快, 两者界线较为模糊, 正经历成熟阶段, 预计时间较长。

为了防止停滞与衰退的过早到来, 保持旅游生命活力和效益, 必须适时调整措施。保继刚对北京颐和园的旅游生命周期作了分析, 认为颐和园的皇家园林的特色与垄断地位, 没有经历探索阶段和停滞阶段, 直接进入发展阶段, 由于旅游品牌效应, 颐和园很难进入衰退阶段, 将长期保持在稳定成熟的阶段。保继刚还对广州肇庆七星岩、喀斯特洞穴的旅游生命周期作了实证研究。陆林 (1997) 研究认为黄山已经历了旅游地生命周期的探索阶段、参与阶段, 目前正处于发展阶段, 逐渐向生命周期成熟阶段演化。总之, 旅游生命周期理论较多地运用到具体的旅游地研究中去, 对于指导旅游地规划与发展有重要意义。

库珀 (Copper C., 1994) 认为旅游地生命周期的曲线模型是一个能合适地解释旅游发展的模型。这一理论给研究旅游地的发展变化提供了理论依据和框架, 提出了一个很好的思路, 较为符合旅游地发展的规律。用该理论可对不同旅游地具体的生命周期特点及规律、影响各阶段的因素、不同生命周期阶段的识别标志进行更细致、深入的研究, 能有效地指导旅游地的规划、建设和管理, 提供管理者宏观、长远的思考, 揭示各个阶段不同变化的影响力。如能在旅游地生命周期阶段的预测能力方面具备更成熟的方法体系, 以及与供求双方的变量完美地结合起来, 很可能成为旅游一般理论的基石和源泉。

旅游地生命周期理论符合旅游地发展演化的一般规律, 较为正确地对旅游发展轨迹作了定性描述, 但阶段划分没有量化的指标, 而且影响旅游地生命周期的因素较为复杂。因此, 对某一具体的旅游地来说, 难以准确地判断其所处阶段, 实践中多以研究者的主观判断为依据, 结论难免会有不同。

旅游地生命周期各个阶段最直观的表征是游客量或旅游收入的增减。自然景区型的旅游收入往往与门票价格有关, 门票价格又与国家宏观经济形势、人们收入水平及通货膨胀率有关。因此, 有时虽然旅游人数下降, 但由于门票价格的提高, 可能旅游收入反而增加。因此, 旅游收入有时难以反映旅游者对旅游地游览的实际状况。最准确的量度因素还是游客量, 可作为旅游地生命周期量度的重要指标。当然, 影响旅游地生命周期的因素较多。哈维德 (Haywood K. M., 1986) 认为, 旅游地演进受七种主要社会经济力量的综合作用, 量度指标除“旅游者人数”外, 还应考虑“停留长度、旅游者在旅游地的分布、旅游者特征、旅游发生时间”等。谢彦君 (1995) 认为决定旅游地生命周期的因素有: 需求因素、效应因素、环境因素。余书炜 (1996) 认为旅游地生命周期阶段的变动, 由旅游地的吸引力变化引起, 吸引力的变化又受旅游需求和旅游资源的双方作用影响。

许春晓 (1997) 认为理论预测游客量反映了旅游地生命活

力,其值与旅游地吸引力范围(腹地)和旅游意愿率两者相关。此外,实际游客量还受旅游地区位条件、交通通达度和旅游管理水平的影响,并认为采用游客量这一单一统计量化指标难以反映旅游地生命力强度,信息统计的滞后性也影响趋势外推预测的可信度。因此,他引入了旅游地生命力强度指数。表示旅游地能够吸引并且能够容纳的理论游客量,表达式为

$$F = f(b, q, h, v)$$

式中 F ——理论游客量;

q ——旅游地环境容量;

h ——旅游地腹地扩展率;

v ——旅游意愿率。

把这一指数与实际游客量进行对比,根据不饱和、饱和、过饱和的状况,采取措施促进旅游地的开发。

7.2 滇中林柱状地质景观 旅游生命周期阶段

7.2.1 石林进入成熟稳定阶段

20世纪30年代,云南省政府主席龙云拨款修建石林。1931年正式建立公园。50年代以后,政府组织有关单位和人员认真进行勘察、设计、施工,修筑游路和外面的公路、宾馆、饭店、商场等。80多年来,石林逐渐名扬五洲,成为世界著名的旅游胜地。1982年被列为国家重点风景名胜区,2001年被确定为我国首批国家地质公园。2004年2月13日,石林申报首批世界地质公园,在法国巴黎联合国教科文组织地学部表决获通过。2004年7月5日,作为珍贵的地质遗迹,云南石林世界地质公园揭牌开园。

石林地质景观的典型性,在喀斯特景观中居突出地位。石林在20世纪50年代,很快经历探索和参与阶段,迅速进入相对长

的发展阶段,成为具有广阔地域性旅游市场的国际级旅游地。从1995年提高门票价格以来,巩固阶段和成熟阶段的特征明显,游客基本稳定在140万人次上下。由于石林国际性的知名度、规模度、奇异度较高,景观竞争力强,难以替代,很难进入衰落阶段,除非发生类似“非典”等疾病或其他自然灾害、经济危机、战争的事件。可以判断石林已进入维持时间较为长久的成熟稳定阶段,如图7-1所示。

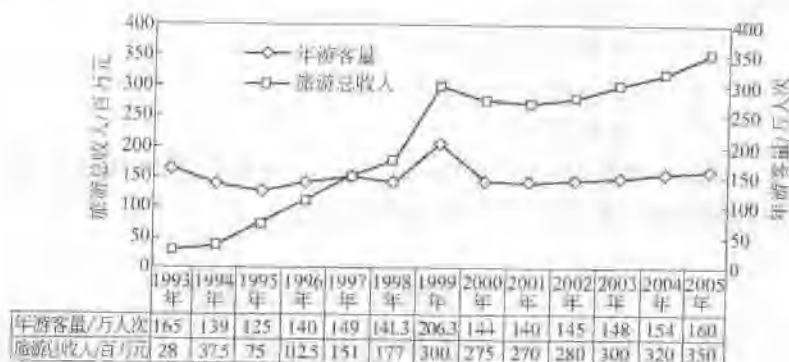


图 7-1 石林游客量及旅游总收入

(资料来源:据俞锦标资料及旅游统计数据)

7.2.2 陆良彩色沙林正处于迅速发展阶段

云南陆良从毫不知名的小县城,依托陆良彩色沙林,不断创新沙文化旅游形式和内容,发展成旅游文化大县。年游客量保持较快增长,年增长率振荡向上,如图7-2所示。

陆良彩色沙林旅游区的开发建设可划分为四个阶段,旅游价值也随之体现出不同的特点。

第一阶段为20世纪80年代早期,旅游价值未被认识阶段,仅是挖沙、卖沙之地。

第二阶段从1987~1996年,这是彩色沙林的初级开发阶段,1988年,《地理奇观——陆良彩色沙林》播出,广告效应明显,

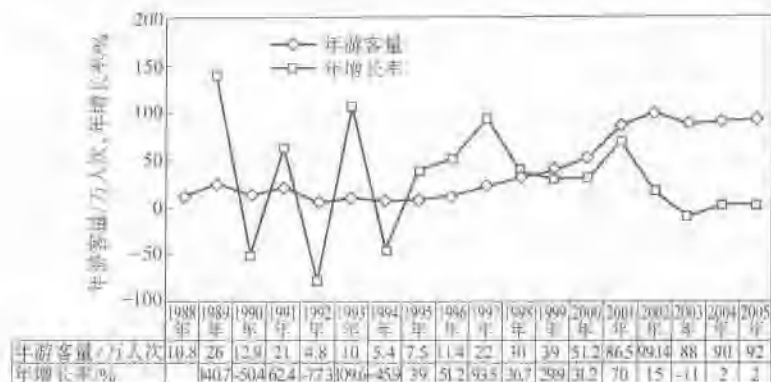


图 7-2 沙林年游客量及年增长率

1989 年游客量达 26 万人次，随后游客量下降，1991 年只有 2 万多人次。1992 年后，加强基础设施建设及广告宣传，游客量又重新回升，1996 年达 11.4 万人次。

第三阶段从 1997~1999 年，为彩色沙林加快开发阶段。1997 年完成了景区总体规划编制，通过一期工程建设，形成观光游览区、游客活动区、商业服务区三大功能区。景区观光、服务优化升级，游客量稳步增长。1997~1999 年各年接待旅游者分别为 22 万人次、30 万人次、39 万人次，年均增长率达 33%，增长较快。

第四阶段是 2000 年以后，彩色沙林进入精品开发阶段。2001~2004 年 4 年间，陆良成功举办四届沙雕节赛，使旅游业成为云南省的一个全新亮点，游客从 2000 年的 51 万余人增加到 99 万多人次，旅游综合收入也由 2000 年的 7192 万元提高到 2002 年的 2.1 亿元，游客及旅游综合收入年均增幅分别达 40%、66.5%，沙雕节的举办更带动全县第三产业增长近 11 个百分点。

尽管陆良彩色沙林旅游正处于辉煌时期，但陆良彩色沙林旅游发展也要未雨绸缪，居安思危。应在彩色沙林国际沙雕节赛进入巅峰时期之时，提前考虑新的旅游方式，可考虑依托五峰山森

林公园, 扩展沙林旅游范围, 延伸旅游线路, 增加旅游内容, 变现今半日游为一日游, 争取留住过夜客。使其成为滇东南旅游环线上的重要站点。

可组织彩色沙林—五峰山国家森林公园——乡村生态休闲旅游线路。继续举办沙雕节赛, 并使沙雕作品保留下来, 成为露天的天然沙雕博物馆, 使游人在游览完彩色沙林后, 从战马坡骑马或从后山乘车直上五峰山国家森林公园, 游竹园、与三国故事关联的黑泉, 乘游船渡桃花坞水库回沙林。再选择沙林周边乡村生态旅游发展好的地点游览、观光, 并用晚餐, 留宿陆良一晚, 第二天再开始新的游程。这样, 对陆良旅游整个产业链的带动作用才会更加明显。

7.2.3 元谋土林正处于重振阶段

早在 20 世纪 80 年代初, 元谋县以虎跳滩土林作为云南省首批省级风景区推向社会, 引起了巨大反响。10 多年间接待游客达 100 多万人次。但 1998 年以后游人大多维持在 1 万~3 万之间, 如图 7-3 所示, 虎跳滩土林是元谋有门票收入的唯一景点, 投入超过 1000 万元, 已经营了 20 多年, 但是 20 多年来其收入仅够维持运转, 2004 年的经营收入仅只有 86 万元, 接待游客大约 3 万人次。土林旅游事实上已陷入困难境地, 曾经辉煌, 但现处于衰落后需要重振时期。

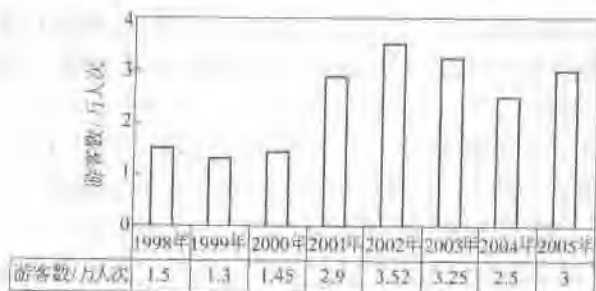


图 7-3 元谋土林游客数

(资料来源: 云南省旅游局)

值得注意的是陆良彩色沙林比元谋土林开发还晚,但如今已是4A级风景区,个中缘由值得探究。把元谋土林与陆良彩色沙林旅游发展进行对比,更有现实意义,元谋土林各种条件近似于沙林,且在某些方面具有一定优势的情况下,旅游发展滞后。过去十多年的旅游发展两者有天壤之别。说明元谋土林旅游价值并未完全体现出来,通过“两林”对比,陆良彩色沙林的发展对元谋土林有借鉴意义,可资作为元谋土林旅游重振的经验。

7.2.4 元江彩色膏林正处于起步阶段

元江彩色膏林还未进行实质性的旅游开发,未正式对外接待游客,旅游价值还未体现出来。元江彩色膏林虽然有特色,旅游区位条件也较为适宜。但考虑到面积小、规模不大,距高级客源中心地较远、知名度有限的实际,元江彩色膏林初期探查阶段任重而道远,旅游宣传和策划要屏蔽著名林柱状地质景观的影响,突出自身的优势和特色,才能增强元江彩色膏林旅游的吸引力,迈出旅游发展的第一步。

7.3 滇中林柱状地质景观的可持续利用

7.3.1 地质公园建设与申报

7.3.1.1 地质公园建设应借鉴国外先进经验

到目前为止,全世界已有124个国家建立了2600多个国家公园,其总面积约占地球陆地面积的2.6%。特别是美国,建立国家公园最早、管理经验丰富、措施得当,对于滇中林柱状地质景观建设或申报世界级或国家级地质公园有借鉴意义。

A 美国国家公园系统

美国是世界上最早建立国家公园的国家,美国政府把境内独特的公共陆地或水体辟为国家公园,目的是保护生态系统、动植物物种、地质构造或具历史意义或考古价值的地点。国家公园主

要是为公共休闲而建,提供一个特别的地点让参观者能观察到野生生物、自然景观,包括独特的地质景观,并体验户外生活。通常,这些公共用地禁止狩猎、放牧、伐木、开矿和其他开发自然资源的活动。

自1872年美国创建第一个黄石国家公园以来,美国国家公园不断增加,已形成了完善的系统,目前美国国家公园系统可分为三大类:第一大类以保护自然环境和生态系统为主,包括国家公园、国家禁猎区和国家纪念保护区;第二大类主要以生态旅游资源为保护对象,包括国家游憩区、国家海滨区和国家湖滨等;第三大类为文化历史遗址保护区,包括近10种保护区单位,主要有国家历史公园、国家战场遗址等。在美国国家公园系统内,有许多丰富多彩的地质旅游景观,如冰川、峡谷、丹霞地貌、火山地貌、重要古生物化石产地、地层构造、地质灾害遗迹等,其中独特的地质景观成为重要的旅游吸引物,深受游客喜爱。

B. 美国国家公园的地质旅游特色

美国国家公园中许多旅游地质景观独特,有些具世界意义,更重要的是在自然地质景观未受破坏的前提下,每年吸引千百万的游人观光游览,如黑色山脉的拉什莫尔山国家总统纪念碑、魔鬼塔国家纪念碑、风洞及宝石洞国家公园、黄金矿产地遗址等地质旅游景观,每年吸引游客300万人次;黄石公园每一年吸引260万游客;大峡谷每年吸引游客400万人次以上,公园实现了可持续发展,其管理、保护经验值得学习。

在美国国家公园中,充分发挥地质景观的特殊旅游价值。真正认识到地质景观是经过千百万年自然力作用才形成的,是不可再生、不可移动的旅游地质资源,它们记录了地球的历史,一旦破坏,是人类的重大损失。因此,美国国家公园注重把保护生态系统作为公园的根本目的。以漫长地质历史形成的地质遗迹为主体,配有旅游地质景观醒目标识及导游员解说,对地质地貌演变过程、特点、成因进行科学的解释,还设有专门的地质旅游路线,避免对地质景观如化石等的践踏和破坏。利用地质景观使游

人接受野外生活方式、野游体验。使游客在自然天成、无人工雕饰的地质环境里畅游,并在游玩中增添了知识,极大丰富了国家公园的科学内涵,公园成了不可多得的科普大课堂,使游客轻松了解地学知识、陶冶情操、体验自然风光。

C 美国国家公园管理良好、机构完备

美国国家公园不允许进行商业目的旅游,因此限制豪华宾馆的修建,公园内宿营地根据自然景观要素来设计和操作,而且企业不得管理国家地质公园,并没有把地质资源当经济资源开发,而是坚持保持其自然风貌,没有将景区的规划管理和经营监督的责任交由企业承担,国家公园的经费基本上是 1/2 由国家支出,1/2 靠门票和社会捐助,不会出现由于企业经营而追求短期经济效益的现象。

美国国家公园的管理统一在美国国内事务局的领导协调之下,极具权威性,不以盈利为目标,它最基本的目标是保护自然风景,野生生物和历史遗址,并提供不对自然造成损害的公共休闲活动,因此能避免破坏性的建设项目,且能正确引导游客行为。

公园系统通过 10 个地区机构直接管理,包括针对阿拉斯加的一个,所有的区域都在一个主任的直接管理之下,由国内事务部任命并对其负责。主要从事火灾的预防和控制,野生生物保护,水源污染控制,使自然、历史或史前特征免遭自然或人为破坏,还负责监督职员录用和培训,组织旅游方案,计划保护行动。此外公园聘用自然学家、工程师、生物学家、地质学家、历史学家、考古学家、导游、护林员等,全方位管理和保护国家公园,也提供帮助和服务,包括说明、导游、信息咨询,满足游客需要。

滇中林柱状地质景观建设或申报地质公园的过程中,应借鉴国外先进经验。

首先要突出地质旅游特色。在国家地质公园内要有相应的旅游地质景观标识,导游词、讲解要有地质景观的特点、成因、演

变、保护等科学内容,设置专门的地质旅游路线。

其次要避免把地质公园当成旅游经济开发区开发。不修建破坏性的旅游设施,不引导游人在景区内消费,追求盈利,不把公园建成吃喝玩乐的场所,保持地质公园作为人类自然遗产的原生风貌,有效维护自然景观及生态平衡,使国家地质公园担负起保护自然、文化遗产,并向公众提供游憩机会的双重作用。

三要加强管理。避免政出多门,条块分割,管理不到位,机构不健全,责任不明确的问题。

7.3.1.2 建设石林世界地质公园,积极开展申遗

2001年3月石林被国土资源部评定为首批中国国家地质公园。2004年2月13日联合国教科文组织表决通过,成功列入世界地质公园。世界地质公园犹如一张世界名片为石林拓展世界旅游市场增添了砝码,以此为契机,成功参与和承办了世界地质公园大会及世界遗产生物多样性国际研讨会,扩大了石林的知名度。截止2004年底,石林全年接待游客210万人次,同比增长40%,其中海外游客增长35%,旅游直接经济收入1.6亿元。这是继昆明1999年世博会后石林旅游业再创历史新高。

石林要进一步加强世界地质公园建设,有效保护、合理开发和永续利用地质遗迹资源,促进世界地质公园健康发展。充分利用申报成功世界地质公园的机会,建成让世人了解地球历史、促进人们对地球科学的了解的世界级旅游及科考教育基地。

石林还需建立和完善地质公园管理机构,同时要发挥地质专家在建设和管理地质公园方面的作用,充实或聘请当地的地质专家作为管理机构成员或顾问。

积极编制和完善世界地质公园规划。以科学发展观为指导,遵循“在保护中开发,在开发中保护”的原则,合理开发地质旅游系列产品,拟定地质旅游线路,在已有的工作基础上,进一步编制和完善世界地质公园规划。

加强地学科普宣传设施建设。优化整合地质科普旅游线路和景点;进一步建设和完善世界地质公园科学解释标牌,使其科

学、通俗易懂和直观化；为满足科普和方便游客需要，制定石林世界地质公园解说规划；在游客主要集散地设置导游图，各车行路、步行道口、转折处设置指示牌，各景区或景点前设置名称牌、说明牌、国家地质公园标志牌，对所有图、牌的规格、形式、色彩统一安排，与环境协调和谐，文字简明、科学、易懂，字体规范；制作、编印地质公园科普、导游图书资料、幻灯片及电子读物，采用声光电高新技术，配合图片、Flash 动画展示石林的形成，设立标本、化石展区，还应设有科学报告厅、会议室、放映室、解说中心等；进一步加强和完善公园内的地质博物馆建设，增加高科技演示手段，陈列典型的标本实物，并免费向公众开放，以达到科学普及的目的。

注意加强导游人员的培训。导游人员是地质科学普及的重要环节，制定导游人员地质科学培训计划，做好培训工作，切实提高导游人员的科学素质。要进一步编制好通俗易懂的地质公园导游册，扩大宣传，送至社会公共场所，通过多种形式，将地质科学向民众普及。

加强地质科学研究。这有利于加深石林等林柱状地质景观研究深度，解答更多的地质科学奥秘。石林已设立了石林自然科学基金，还应设立一定的经费用于地质科学研究，定期召开地质学术研讨会，不断地认识公园内地质遗迹的内涵，建立喀斯特监测站，为搞好地质环境保护提供基础资料。

加强国际合作。宣传地质公园的同时，也是对石林旅游知名度的提升。注意加强科学科普信息系统建设，建好各世界地质公园网站，并通过世界地质公园网络办公室（北京）渠道，加强与国际间的交流。通过多种途径，使石林地质公园真正走向世界。

世界文化和自然遗产公约将世界自然遗产定义为：（1）自然特色是由物理和生物结构组成或是该结构从美学或科学的角度来看，具有显著的独特价值；（2）从科学、保护和自然美观来看，自然区域具有重大的和特有的价值。

路南石林符合世界自然遗产评选的几条标准，即：（1）能够

展示地球具有革命性历史进程的典型区域；(2) 能够反映正在进化的地理过程、生物进化和人类对自然环境影响的典型地区；(3) 包括唯一的、稀有的或最高的自然现象、形态、特征或独特优美的自然风光。

路南石林的景观形态和组合、发育模式和地质意义、发育系列、典型发育地段和发育环境，是十分重要的自然遗产系列之一。世界地质公园虽已是很高的评价，但石林还要以世界自然遗产的标准，加快申报世界自然遗产的进程，毕竟世界自然遗产评价更加综合化，涵盖了地质、地理、生态、植被、物种、气候等多种因素的影响，是对一景区的自然风貌的全面评价，是人地关系和人与自然和谐发展的体现。

针对路南石林申遗过程中存在的问题，应注意调整和规划路南石林风景区，减少人工化带来的负面影响，有必要加强旅游资源的保护，发展不污染、不破坏环境的绿色旅游，解决旅游景区污水排放处理的垃圾收集、运输、处理、处置问题，解决好对旅游景观有危害的污染源的治理与控制。吸取以往申遗的经验，争取尽快申报成功，将世界级的名片全部囊括。

7.3.1.3 开展陆良彩色沙林、元谋土林国家地质公园的论证与申报

陆良彩色沙林、元谋土林地质科学价值重大，有建设和申报国家地质公园的条件，要积极开展国家地质公园的论证及申报工作。论证申报的过程，就好像力争拿到世界名片一样，知名度将会大增，有申报不成功的风险，但一旦成功，知名度的提升对旅游开发有很大的促进作用。把申报作为带动性很强的项目，来推进地方经济社会的全面发展。申报的过程只持续一段时间，文化的爆发力也许微弱，但只要做得好，其影响力可持续很久。申报的过程可促使地方完善、提升自身形象、弥补不足的重要方式，按国际标准或更高标准严格管理和保护地质遗迹，以可持续发展的理念，指导后续的开发、管理、保护工作。申报时应注意地质特殊性、稀缺性及美学价值在国家地质公园申报的评分标准中占

据较大权重,这几方面均需加强研究。切实掌握彩色沙林、元谋土林地质景观的地质特征、生态过程、自然美以及审美价值、生物多样性和濒危物种状况,看是否符合要求,以此促进旅游开发与保护。

7.3.2 注重科学知识旅游化

7.3.2.1 科学知识旅游化的意义

地质科学具复杂性和奥秘性,使地质旅游充满了神奇感。科学奥秘的探究,符合游人求知、求新、求奇的愿望。发掘林柱状地质景观的科学价值,转化为游人能理解的旅游价值,对丰富旅游内容有积极作用。旅游业是具有浓厚科学文化内涵的经济产业。不只是为游人提供吃喝玩乐、只追求经济效益的产业。事实上还要担负起传播科学文化知识,让人感受科学之美,激发探索科学知识的兴趣。旅游的功能除满足游人求乐、求美、求异、求新、求奇的需求外,还要有满足游人求知的高层次需求,在追求经济效益的同时,兼顾社会、环境效益。美国的国家公园,由专家担当的科学导游,对景区景点做科学的讲解,使游人对大自然的神奇有了更深刻的了解,探寻大自然的奥秘。

地质遗迹也往往成为游人寻古探源、解答奥秘之地。地质学使人视野开阔,思考超越时空,使思维的广度和深度加宽加深。人生不满百年,但地质学以地层和化石为证,人生只是地质历史时代的沧海一粟,在时间上微不足道,它考量的是沧海桑田的变化、地球的变迁、生命的起源和演化,让人驰骋于时空隧道,探寻那远古的秘密,是充满了神秘的科学之旅,揭示地质科学之谜,有利于认识我们生存的地球,了解它、保护它,使人类与地球和谐发展、共生共存。

当前我国旅游中面临的问题是科学含量偏低,绝大多数地质旅游景区的开发中,充斥随意编造的神话、传说,普遍缺乏对自然景观的地质结构、形成机理的科学解释。随着广大群众文化修

养水平的提高,人们不止满足于一般的、神话式的,甚至带有迷信色彩的解释,而要求科学性与趣味性相结合。

旅游开发与规划大多忽视对旅游资源的科学内涵的深入发掘,不利于全民科学素质、文化素质的提高。特别对自然景观的形成机制、发育演化,更是缺少详细调研,似是而非,不求甚解,缺乏明显的科学精神。在景观的解说或命名时,很少用科学概念和科学语言与大众化、通俗的语言相结合的方法,取而代之的是片面神话传说或借喻式、比喻式语言。如把自然风化形成的柱状岩石地貌、说成是孙悟空的金箍棒,比喻可以,但硬要牵强附会,没有相应的科学语言跟上,游人感知的东西就会欠缺不少。例如,导游把冰川创蚀洼地或火山口积水形成的高山湖泊比喻成王母娘娘的洗脚盆,把溶洞中的次生钙化钟乳景观,比喻成玉帝的蟠桃盛会,把溶洞中的高大石笋,说成是龙王的定海神针。类似比喻从语言的通俗角度看,可以这样用。但有的违背科学的生编伪造或封建迷信的故事,就会以讹传讹,产生不好的社会效果。如把年龄只有百万年或几百万年的溶洞和地下暗河,误导为其周围岩石地层的年龄。陆良彩色沙林的导游词中只有两句话谈到沙林的形成,但并不准确和科学。

可见,旅游业的低科学含量已成为影响我国旅游形象的重大问题,我国现在科学旅游开展状况并不理想。发挥旅游科学价值、积极开展科考与科普旅游,让游人走进科学,是滇中林柱状地质景观今后旅游发展的一个方向。

7.3.2.2 影响科学知识旅游化的因素

(1) 全民相对低的基本科学素养,使科普旅游既具必要性,也具一定难度。

科学素养指公众对科学常识、科学方法、科学影响力的基本理解,2002年昆明市科协及昆明市科技局共同组织完成了昆明市14个县区范围内的首次公众科学素养调查。主要数据见表7-1。

表 7-1 昆明市科学素养调查

主要项目	类别人口				不同文化程度人口					不同年龄段人口				不同行业人口		
分支项目	城镇人口	农村人口	男性人口	女性人口	小学及以下	初中	高中或中专	大专	大学及以上	18~30岁	31~40岁	41~50岁	51~60岁及以上	专业技术人员	机关事业单位、企业	公安及其他
合格率/%	2.4	0.4	1.8	0.9	0.3	0.2	2.5	5.1	10.5	1.5	1.3	1	1.9	12.3	5.1	5.7

从总人口数据看,昆明市公众科学素养合格率为 1.23%,即每千人中有 12 人具备基本科学素养,此数据全国平均水平为 1.4%,昆明四城区科学素养水平明显高于其他地区,合格率也仅为 2.52%,已接近于其他省会城市城区的平均水平,而其他 10 个县市区的科学素养合格率仅为 0.8%。从昆明公众本身及其与其他省会城市对比数据看,昆明及其他省会城市的公众科学素养均较差,每千人中只有 12~30 人具备基本的科学素养。从中大致可推知全国整体公众科学素养水平并不高,可见公众对科学知识、科学方法认知程度的低下,也显示公众缺乏科学兴趣及必要的学习。科学素养水平的低下,说明科学普及具有必要性和重要性,有利于在旅游中融入科学知识的内容,通过旅游传播科学知识可成为重要的渠道和方式,使游人在轻松愉快中增长见识、开阔视野。

从另一个角度看,科学素养水平的低下,也说明公众对科学知识缺乏必要的兴趣和爱好,对基本的科学认识都还停留在很低的水平上,那肯定对跨行业或较深奥的地学知识,更是曲高和寡,主动学习和了解的动力更是不足,这为在旅游中开展地质科普旅游提出了更高的要求,使科普旅游的开展有一定难度。因此,如何使科普旅游方式符合目标人群,采用适合的方式传播科学知识,是滇中林柱状地质景观科学旅游、科普旅游开展所需要

思考的问题。

(2) 游客对科学的兴趣和取向。

为了解游客对滇中林柱状地质景观科学旅游的兴趣和取向,特制作了科学旅游指向调查表。调查与统计分析的120份问卷表明,游客对林柱形成原因、形成机理、形成过程的独特性、神奇性充满着好奇和探究的愿望,占调查人数的80%,特别是学历层次越高,对科学的兴趣越浓。调查到的游客大多希望通过生动、直观的展示来表达其所想知道的科学内容,而不是停留在教科书式的讲解、解释的方式,学历低者更倾向于此。如果林柱状地质景观没有符合要求的科学内容和表现力强的方式,将会极大削弱游人对滇中林柱状地质景观旅游的愿望。

7.3.2.3 科学知识旅游化的主要内容和方式

A 可视化、动态化

建设林柱状地质景观的科学博览园,体现科学性,同时注意生动形象的表达方式是提高游人科学旅游兴趣的重要手段

例如,彩色沙林就可围绕沙与沙体,通过各种表现形式及先进的科学技术手段,配合声、光、电、多媒体的渲染,以直观、形象的设计,展示沙的成因、沙的形成和演化、沙的全球利用、沙与环境保护、沙与人类、沙文化与旅游等众多主题。石林地质科学博览园、元谋土林博览园,也要有这样的思路,具体操作时再结合自身实际,使科学知识的旅游化更具市场吸引力。这方面应借鉴中国地质科学博物馆的建设,力求把石林、沙林、土林建成“科学之林”。

中国地质博物馆经过长达3年,投资近一亿的精心设计和建设,于2004年7月14日重新开馆,一改原来教科书式的面孔,成为具开放性、互动性的旅游、科普博物馆。英国博物馆代表团参观后认为是世界上最好的博物馆之一。展厅设计新颖、展品丰富,辅以声、光、电等现代展示技术,各展厅均配有全景多媒体、触摸式知识演示问答器、高清晰电视、多媒体

互动演示器,起到了教学、科普的作用,是重要的为青少年服务的科普基地。

相对而言,石林、彩色沙林、土林经费有限,不可能像中国地质博物馆那样建设世界级的博览园,面面俱到。但要结合自身特色,突出重点,集中展示成因、演化、环保、特色旅游等内容。力求把各自的博览园建成生动、活泼、有趣的科学馆,使游人在互动的环境中学到有关的知识。博览馆的建筑风格应体现独特的设计理念,从主体建筑上要与林柱状地质景观意境、色调相一致。如彩色沙林要有原生特色,体现粗犷、博大、荒原的感觉,色调与彩色沙林主色调,以土黄、土红为主,同时适当有变化性,点缀非主色调,与景区基本色谱一致,视觉效果强烈。外观设计有沙柱、沙峰的变形造型,以具厚重、古朴的建筑风格为主,不宜夸张和现代,保持与景观的协调。

B 全方位增添景区的科学内涵

景区景点应聘请与旅游业有关的天文、地学(地质、古生物、地理、气象、海洋等)、历史文物、建筑、园林、民俗、民族以及经济学等方面的专家,组建旅游文化专家咨询机构,有针对性地提高景点的科学含量。增加导游培训中的科学比重。加强景区景点的科学研究和科普音像、电子读物编辑出版和展示工作,提升景观的科学内涵。制作地学内涵丰富、准确,民族文化浓郁的导游图、导游词、VCD、网站等,有助于寓知识于旅游中,提高民族文化素质。现代化的视听设备的辅助也是必要的,如声、光、电等多媒体的运用,符合现代人的视听需要。在导游过程中,可采用有奖问答的形式,开启游人科学探索之门。

C “科学之林”建设

设置好具旅游吸引力的科学内容,是“科学之林”具旅游商业价值的重要因素,应考虑以下内容。

林柱状地质景观的成因、发育演示。调查表明游客无不对林柱状地质景观形成原因抱有强烈的好奇心,都希望能形象生动地了解它们的成因。因此,要用现代化的高科技手段演示这一主题

内容,可以通过3D动画技术,制作特殊效果的演示片,形象地再现在天地自然的精雕细刻下,独特的林柱状地质景观诞生形成的过程。

环保教育内容。突出林柱状地质景观的可持续利用问题,通过演示它们的过去、现在和未来场景,使游人认识到在石林、沙林、土林自然之美的后面,也有生态环境之痛。例如,沙林、土林原是绿色之地,但由于环境变迁及人为破坏,水土流失加剧,流水不断的冲刷切割,才造就了今日之沙林、土林。要让游人认识到,并不是所有的水土流失都能形成具旅游价值之地,环境代价和风险十分巨大,在欣喜之后,也有苦涩之痛。保护环境依然是人类可持续发展的主线,不能因为水土流失偶尔造就的美景,就使我们陶醉。石林的岩漠化、地下水问题,也是环保教育所要揭示的。

“世界之林”的科学对比。展览馆中用形象、生动、直观的形式,将世界上不同地方、不同国家的林柱状地质景观都对比介绍,如武陵源石英砂岩峰林、丹霞地貌等。体现林柱状研究的高起点和多角度、广泛性,扩大科学信息量,使游人增长见识,有不虚此行之感。

D 开展科普旅游与科考旅游

科普旅游是介于观赏性和科考性之间的旅游活动。游客从中能得到浅显的科学规律或学到一般的科学常识。科考旅游是针对较强科学意义的旅游资源所开展的旅游活动。因其科学性、专业性很强,重点在科学考察,而不只是观赏和休闲。林柱状地质景观是数百万年乃至上千万年地质演化遗迹的综合呈现,地质作用是迄今为止未能得到全面正确解释的事件,是任何人所未经历的漫长过程。寻求地球的形成历史、发展规律和演化趋势是人们感兴趣的课题,标志着地球沧桑巨变画卷的地质景观能极大地满足人们的求知欲。所以,将其转为具科考/科普旅游价值的地质景观,具有明显的现实意义,滇中林柱状地质景观开展科考/科普旅游两相宜,能满足不同目标人群的需要。

例如建立科普基地。可组织夏令营、大中专实习,在休闲观光之余,使学生能学习了解林柱的类型、特点、形成原因、分布、景观特征等科学知识,树立正确的生态观、环保观。

还可选择成景剖面作为旅游观赏与科普教育的载体。例如,在彩色沙林的沙壁、沙坡自然剥落出露的基础上,选择最具代表性、颜色层次丰富的沙壁,作为彩色沙林多彩沙层最直观的展示景点,为游人提供了解沙林地理、地质知识的活标本,结合导游系统的讲解,使游人深入了解到沙林地层的沉积与变动情况,了解彩色沙林的形成原因。为保持剥落出露面的稳固持久性,应采用不损伤资源 and 环境的科学方法将其固化。

元谋土林所展示的第四纪剖面,也是开展科普、科学旅游的良好素材。土林及周边地区出露的上新世一早更新世元谋组的地层剖面和构造剖面层序完整,出露良好,含有丰富的哺乳动物化石及古生物、古人类化石,一直是我国南方第四系的标准剖面。

元谋第四纪总体研究水平较高,完成了部分课题,发表了大量论文,不仅为我国大区域的地层对比提供了依据,而又有可能成为国内上新统一早更新统的典型层型界线剖面,近年来已有许多国内知名学者进行对比研究,国际上关于第四系地质的研讨会把元谋作为主要考察点。因此,元谋盆地及元谋土林在世界第四纪地质研究中占据着重要的历史地位,具有很强的不可替代性,是开展科学旅游和科普旅游的重要场所。

滇中林柱状地质景观区域旅游联动中,可设计石林—澄江古生物化石群—禄丰恐龙化石科普旅游线路,也可把其中的石林换成元谋土林或陆良彩色沙林、元江彩色膏林。

可围绕元谋土林与元谋人化石发现地,把元谋建成中国南方古人类研究基地及全国科学教育基地,吸引更多中外游客到元谋观光旅游。

组织科考、科普旅游线路要有区域旅游网络开发的思路。区域旅游网络开发是将开发对象放在大系统背景下,从大系统与子系统、子系统与子系统的多维关系出发,综合考虑对象的开发方

向、功能设置、相互连接等问题。

跨区域旅游合作是旅游业发展的一种趋势,也是区域旅游网络开发的重要内容。区域旅游合作有两种方式,一是把相似的产品整合起来,二是把不同的产品串联起来。例如,通过喀斯特奇观地质旅游线路,把相似的地质景观整合起来,让游人了解喀斯特景观的多样性。可设计石林、罗平金鸡岭峰丛、建水燕子洞、砚山浴仙湖、弥勒白龙洞、阿庐古洞形成喀斯特地质环线。也可组织昆明—石林—阿庐古洞—丘北普者黑一线的滇东南喀斯特岩溶地质奇观旅游路线。还可设计地上石林与泸西阿庐古洞的地下林柱联动的地质旅游线路。总之,应充分认识到,具有一定同质特点的林柱状地质景观的地区,要发展旅游,没有特色、没有新产品、新内容的注入,就会失去旅游吸引力。

7.3.3 塑造陆良彩色沙林特色旅游文化

旅游活动“独木难成林”,单纯的林柱状地质景观自然观光,已越来越不适应现代旅游的要求,需要多种旅游活动的相互配套和组合,辅之以具浓郁特色的文化观光。把观光旅游与科考、休闲、度假、探险等参与性、体验性的文化项目结合起来,全面提升林柱状地质景观的旅游价值。

传统的旅游观认为有人、有山、有水就有旅游。而现代旅游观念逐渐已从一般的游山玩水转向特色和多样化旅游。有无特色是激发游兴的重要因素。寻常意义上的风景,已不再引起人的兴趣。从观光式的旅游转向发现式的旅游,突出个性,如探险式旅游。看现成的景点,走规定的路线,已不再是一些游人的首选,主动参与已渐成时尚。旅游者文化意识增强,较为关注旅游景点的人文内涵和科学知识,注重精神享受。单纯的景点经济模式已不符合人们休闲度假的需求了,开展康体休闲旅游项目,可融训练、锻炼、理疗为一体。旅游活动要求丰富和配套,组合起来才更具优势。

地质景观如与文化相结合,配套组合佳,旅游价值相应较

高。比如我国的庐山,既有浓厚的冰川地质特点,还有浓厚的茶文化。又如中国的嵩山,在地层构造上是全世界的代表,同时这里又有中国独特的佛文化的代表——少林寺,两者结合在一起,让游人神往。

同样,林柱状地质景观作为自然美景的同时,还要有浓厚的人文风情和内涵赋予其中,使自然美景更加耀眼,引人注目。滇中林柱状地质景观中的文化内涵及人文特质,如宗教传说、神话故事、民俗风情、文化艺术活动等,有突出的文化价值,可成为重要的旅游吸引物。应注意自然与人文景观的配套,开展丰富多样的旅游活动,这是未来旅游发展的方向。

7.3.3.1 现代沙雕文化游

陆良彩色沙林沙雕文化游是特色文化形式之一。彩色沙雕具现代性和时代性,风行全球,较为广泛而持久的在全球开展起来。见表7-2。

陆良彩色沙林国际彩色沙雕赛提升了陆良彩色沙林乃至陆良文化品位,利于国际文化交流。不管是国内,还是国外的沙雕作品,中外文化气息浓郁。陆良彩色沙林举办的四届国际彩色沙雕节赛的主题分别为“千年梦幻”、“世界名著”、“五洲风采”、“音乐神韵”,为游人展示了丰富多彩的文化世界,使沙成为文化传递、文化交流的独特载体,各种文化融会贯通,相互借鉴。值得继续办下去,是陆良彩色沙林旅游价值持续体现的重要方式。

A 世界主要沙雕节赛

表 7-2 世界主要沙雕节赛一览表

时 间	地 点	主 题	游览 /万人次
1999 年	ALMERE, 荷兰	梦幻天堂	28
2000 年 5 月 5 日 ~5 月 18 日	荷兰北部	本国上一世纪的突出成就	70
2000 年 5 月 20 日 ~5 月 29 日	SENTOSA, 新加坡	梦幻世界	18

续表 7-2

时 间	地 点	主 题	游览 /万人次
2000 年 5 月 27 日 ~6 月 3 日	HARELOT, 法国	水的艺术	20
2000 年 6 月 1 日 ~6 月 19 日	加利福尼亚 DEL MAR	加利福尼亚之梦	100
2000 年 7 月 7 日 ~7 月 14 日	中国舟山岛	新世纪 2000 年	40
2000 年 7 月 18 日 ~7 月 29 日	KASEDA, 日本	新千年之禧	30
2001 年 5 月 3 日 ~5 月 12 日	荷兰北部	世界神话	85
2001 年 5 月 17 日 ~5 月 24 日	HARELOT, 法国	JEAN DE LA FAO- TAINÉ 的神话	50
2001 年 7 月	加利福尼亚, 美国	沙与城市	25
2001 年 9 月 22 日 ~9 月 30 日	CANARY 岛, 西 班牙		27
2002 年 5 月 5 日	新西兰 Scheveningen	大海	30
2002 年 6 月 20 日 ~6 月 30 日	丹麦, BLACKHUS 海滩	开放	15
2003 年 7 月 3 日	德国北部吕贝克国 际沙雕艺术节	城堡建筑	10

B 陆良彩色沙林历届沙雕节主要沙雕作品文化意蕴的表现

连续四届陆良彩色沙林国际沙雕节赛, 都有各自的主题。每一件作品都凝聚着创作者的心血, 传递着文化和艺术气息, 文化内涵丰富, 见表 7-3、表 7-4。

表 7-3 四届沙雕节赛主题与作品

时 间	届次	主题	主要沙雕作品
2001 年 3 月~10 月	第一届	千年梦幻	彩沙神韵、家谱、浪国梦幻想、时间守望者、果海·胜景·云南梦、新千年和平的地球
2002 年 3 月 19 日~2002 年 4 月 1 日	第二届	世界名著	巴黎圣母院、阿拉丁神灯、钢铁是怎样炼成的、白雪公主、走近名著、鲁宾逊漂流记、老人与海、神曲、藤氏物语、阿里巴巴和四十大盗、罗密欧与朱丽叶、水浒传、屈原、说岳全传、海的女儿、堂吉珂德等
2003 年 3 月 28 日	第三届	五洲风采	海洋里的自由王国、另一种进步、祈祷、思考和情感爱、与世界同在、月亮东方、梦想之城、思索和沟通创造文化、自然之子、袋鼠快跑、和平使者等
2004 年 7 月 16 日	第四届	音乐神韵	悉尼大剧院、纽约大都会、维也纳国家歌剧院、上海大剧院等世界著名的 11 个大剧院沙雕

表 7-4 精品沙雕作品的文化内涵

作品名称	作 者	造型及文化寓意
彩沙神韵	中国张伟康、张永康等	以开启文明的元谋人和象征力量的亚洲象为主要造型。大象徐行于鲜美的四时蔬果间，寓示了云南、陆良的历史悠久与富饶美丽。巨大的象字，昭示了陆良彝文化丰富的文化底蕴
走进名著	马丁·克鲁牛斯(丹麦)、马裕兴(新加坡)、卡尔·吉拉(美国)	作品表现了艺术家手握鹅毛笔正奋笔疾书、烟雾中苦思冥想的神态。高悬头顶的世界地图显示了艺术家思维的广阔。小天使的耳边话语，似乎给他带来了无穷的灵感，一部巨著就此诞生。作品使人们感受到，名著之所以能流传千古，脍炙人口，成为经典，让人们难以忘怀，不仅因为它们记录了鲜活的历史，描绘了栩栩如生的人物，更在于它承载了人类思想和感情，可以鉴古知今

续表 7-4

作品名称	作者	造型及文化寓意
钢铁是怎样炼成的	帕沃·萨达尼克(俄罗斯)	第二届沙雕赛国际组冠军作品。造型元素主要为勇敢的保尔·柯察金, 昂首飞奔的战马, 挥舞的战刀, 极具动感的造型, 塑造了栩栩如生的英雄人物。使人不禁想起保尔叱咤风云、勇不言败的一生, 激励后人前进
海洋里的自由王国	伊图·奥加达(西班牙)	第三届沙雕赛冠军作品。表现了四面环水的大洋洲人民对海底世界的深刻了解。凝固的沙子表现了灵动的海洋世界, 在湛蓝的海洋中, 各种形态各异, 五彩斑斓的海底生物和稀世珍宝汇聚在一起。作品生动形象, 构图复杂, 但很清晰, 细腻, 动物表现活灵活现。表现了作者对自由、和谐生活及健康生活方式的向往, 传达了对美好自然世界的深厚感情

7.3.3.2 “爨文化”历史文化游

A 爨文化兼具历史文化价值

陆良历史文化悠久, 素有“爨乡”之美誉, 如将其有机的融入陆良彩色沙林旅游中, 可能会产生一定的旅游吸引力, 增强陆良彩色沙林旅游价值。

陆良商朝时期已有部落和村庄, 汉武帝时置“同劳县”, 东晋更名为“同乐县”, 蜀汉爨氏入迁, 与当地民族文化相融合, 开创了爨文化。

陆良县为云南历史上爨氏家族的主要聚居地。爨氏家族在统治云南数百年的历史中, 曾留下许多丰富的、价值较高的历史文物。陆良境内出土的爨龙颜碑、爨宝子碑、爨龙骧刻石、祥光碑及精美铜鼓等实物, 现存的古战场、古栈道、烽火台、王子坟等遗迹遗址, 演绎了爨文化的悠久历史, 也留下了爨文化的丰富内涵。陆良旅游区可结合爨文化进行旅游资源深度开发, 如组建爨乡民族歌舞表演艺术团, 在各重点景区定时举办演出活动, 并通过合理安排, 提高游客的积极性和参与欲望。

B 爨文化渊源考

据史载及学者分析,三国时期的爨氏,为南中大姓之一。两晋时期的爨,通称爨蛮,雄据南中。《华阳国志》、《蛮书校注》均有记载:“爨本一姓,为南中望族,始显于蜀,迄晋而盛,统率建宁诸部族,雄视一方。”

《金石续编》中也云:“爨氏之盛,始于汉晋间,中国乱,雄长群蛮,分统其地。”

爨氏事实上是汉族先民向西迁移居住的一支,通过文化传播与融合,以及统治与管辖,对当地民族文化吸收、同化,逐渐形成具汉文化与少数民族文化特征的爨文化,但爨文化也包括未与汉文化融合的东爨少数民族文化。特别是至唐初时,爨氏正式有东西爨之分,这既是爨氏势力衰微的象征,也表明东西爨文化更加分化的开始。

C 爨氏王朝统治时间

至西晋“八王之乱”,中原战祸不断,晋朝无暇西顾。西晋与南中隔绝。爨氏遂拥兵自重、独霸一方,历经东晋、后宋、后齐、梁、北周、隋、唐初,到唐玄宗天宝五年(公元746年)被南诏蒙氏所灭,共历时四百余年。爨氏沿袭四百年之久,普及汉文化,给原住民带来了农耕技术,促进了社会分工,出现了商业、畜牧业,使当地养蚕业得以发展。

这四百年间,爨文化应该像南诏文化、大理文化一样有丰富的文化遗留,但可能是毁于兵祸等原因,有关爨文化史料留存不多,文物古迹也难寻踪影。一朝辉煌,如过眼云烟,能否深入挖掘,找寻出更多的历史记载和物证,对爨文化的丰富将是一大贡献。

D 爨氏王朝统治范围

在爨龙颜碑中所指的东、西爨二境,即指东爨与西爨,樊绰《蛮书》卷四·云南志云:“西爨白蛮也,东爨乌蛮也。”

西爨在天宝年爨间(742~756),范围从东北曲靖州(今东川、昭通、宣威带),西至宣城(今沅江一带),涵盖石城(今曲

靖)、昆川(今昆明)、曲轭(今马龙)、晋宁、喻献(澄江、江川)、安宁至龙和城(今禄丰)等地。

现今的陆良,当时是汉文化与当地文化融合、相互影响的西爨中心,也是西爨行政、经济、文化中心,应传承有相当丰富的文化遗迹,但目前找到的较少。国家一级保护文物爨龙颜碑迄今已有1532年的历史,是这段文化的重要见证。但只有这些还不够,要全面再现那一段爨文化史,还有许多工作要做。

东爨在曲靖州、弥鹿川(今宣威、沾益)、升麻川(今寻甸、嵩明)、南至步头(红河州南部)一带。《新唐书·两爨蛮》,亦如是说。《滇史论丛——关于乌蛮、白蛮的解释》中也说到:“约以滇池区域为西爨”,“约以滇东北区域为东爨”。南北朝刘宋时的东西爨二境,比其后唐代的東西爨宽得多,西达洱海一带,东至滇、黔、桂三边之地。两爨在地理、语言、文化、经济等方面均有差异。

E 东西爨文化差异

汉文化与当地民族文化融合较深的西爨文化,及较少受汉族影响的彝族特点的东爨文化,各有特色。但现今能找到表现东西爨文化的文物均少。爨文化只能从少数文物、史料中见其端倪。所幸的是,爨民后续支系,可能演变为白族和彝族,从这两个民族文化中也许可找寻到爨文化的真谛。

东西爨族别不一。西爨为白蛮,南北朝时期,中原汉民进入云南,与当地民族融合为受汉文化影响的白蛮,是现今白族的先民。东爨为氐羌的昆明人、叟人,由于与汉族接触较少,基本上保存了羌族的文化特征,称之为东乌蛮,后逐渐演变为彝族支系。

年节有区别。西爨与汉同,有春节、中秋等节日。东爨有火把节。

西爨白蛮取名以字辈论排。如爨龙颜之子是骠字辈,孙子辈是碩字辈,东爨与蒙氏取名相同,采用“父子连名”的方法,即儿子名字的第一个字,是父亲名字的最后一字,如皮罗阁、阁罗

风、风加异、异牟寻等。

相对而言，西爨较东爨的经济发达，经济状况对文化的影响较为明显。

另外，东西爨在祭祀、丧葬、嫁娶、服饰、歌舞等习俗均有不同。

F 爨文化的重要见证——爨龙颜碑

爨龙颜碑是两晋时期，统治云南的爨氏首领，时任南朝刘宋时期的宁州刺史爨龙颜的墓碑。碑文主要是对爨龙颜歌功颂德、力赞爨氏的功绩显赫及独霸一方的声名。碑文弥补了爨文化史料文献记载的不足，提供了晋宋间南中地区有价值的历史资料，从中可窥见爨氏渊源及发展演变以及政治形势、南中与朝廷的关系、疆域范围等史实，对于揭示蕴含丰富的爨文化是一大珍贵文物。

碑文也是爨氏传播汉文化的史证，书法字体与汉字一致，显示了中原先民进入云南后，当地文化对其接纳与融合，逐渐同化为同一民族——爨民。爨民具有一些汉文化的典型特征，如使用汉族的语言、文字，有共同的节庆、习俗等。但当地原住民的文化传统，也会有所保留，两者最终和谐共存。

碑文为爨道庆所写，字体介于隶楷之间，方圆并用，是隶变楷的典范。是书法中的上品。被誉为南碑瑰宝，为全国一级保护文物，在我国史学及书法史上有重要地位。

G 还需要探讨的问题

史学研究上对两碑“爨龙颜碑”、“爨宝子碑”本身的研究较深，但对爨文化的深入挖掘整理还不够，受限于史料不足的问题，在此引用的观点也不是最后的定论。

总之，留给学者研究的地方还很多。如：爨文化的追本溯源，爨文化的兴衰，爨文化衰亡的原因分析，如何发掘史料不全的爨文化史，有无爨氏家谱，爨氏家族历史事件的记载。如何推演爨文化的现代表现形式，有无保留下来的家族仪式，有无爨氏遗风遗俗。爨氏与当地少数民族有何渊源联系，对当地民族的饮

食、服饰、建筑、节庆、风俗、观念、道德等方面有无影响。爨史与地史有何联系,与涉及当地地质演变历史有何关系,与当地自然环境的相互作用、相互影响,反映了怎样一种人地关系。地质背景,地理环境与爨文化的联系,爨民对环境的适应与调适等,沙环境与整个自然环境在爨文化形成过程所起的作用有何表现等等。

显然,以上这些内容的研究对开展沙文化与爨文化旅游具有基础性的作用,还要加大研究力度和深度。

陆良彩色沙林旅游发展,就应该考虑与当地历史文化的代表爨文化有机结合。从目前看陆良彩色沙林旅游活动中融入了爨文化的内容。如歌舞、服饰、书法等。但对爨文化的实质的体现还不够。

H 当前弘扬爨文化,要充分发掘爨龙颜碑的旅游文化价值与彩色沙林景区的热闹相比,国宝爨龙颜碑备受冷落。2004年“五一”黄金周期间,只接待了10多位游客。爨龙颜碑是我国20世纪60年代初确立的100多件国宝之一,碑址位于陆良县薛官堡垒村,是研究中国汉文字由隶书向楷书演变的历史见证,在中国书法史上占有重要地位,深得历代书法家的青睐和推崇。康有为曾将其评价为“隶楷极则”,称之为中国书法碑刻“神品之首”。我国只有3块碑,除成都保存有一块外,云南省境内存有两块,分别是公元405年的爨宝子碑和公元458年的爨龙颜碑。

爨龙颜碑原曾有一天接待日本和新加坡旅游团60多人的记录,但近几年却面临着被人遗忘的困境。2003年的门票收入仅有四五千元。知名度不高和相关旅游配套设施落后、不完备是导致这种现象的主要原因。可考虑搬迁到陆良彩色沙林,力求做到相辅相成。

7.3.4 重振元谋土林旅游

元谋土林与陆良彩色沙林相比,资源本身的价值并不低,甚

至在景观、规模、柱体高度、地质意义等方面元谋土林还占优势,但旅游成效却不一样。

陆良彩色沙林1986年发现并开发,经历了1986~1999年的探索与开发阶段,2000年后借助陆良彩色沙林国际沙雕节赛的举办,进入迅速发展阶段,现已发展为国家4A级风景名胜区。

元谋土林1965年发现,1985年开始开发,迄今为止已20余年,门票收入80余万元,年均4万元,收支相抵,尚未找到持续盈利的模式,仍为国家2A级风景区。已经过了探索与开发阶段,现出现衰落,正处于旅游重振阶段。

重振元谋土林旅游的措施,应从以下角度出发,即转变经营机制、改善交通、加大资金投入和宣传促销力度,注重元谋土林自然风光与元谋古文化的结合,发掘古文化底蕴。

7.3.4.1 经营机制的转变是元谋土林进入快速发展阶段的机制保障

据《春城晚报》报道:元谋县政府以300万元的价格转让给昆明艺嘉公司,成立元谋旅游有限公司,负责经营土林、金沙江峡谷,50年不变。昆明艺嘉公司接手后,按协议两年后把元谋土林打造成国家3A级风景区,6年后成为国家4A级风景区,如果不能实现达到4A级景区的计划,元谋县将收回景区经营权。

元谋县政府测算,要使其达到国家4A级景区的标准,企业至少要投入8000万到1亿元。这样的经营机制有利于引进先进的管理机制和急需的资金。经营权转让后新公司机制变化,经营灵活、积极主动。有可能盘活元谋的旅游经济,提高元谋土林的吸引力,发掘它的旅游价值,重塑元谋土林景区的辉煌。但政府也不能撒手不管,还要考虑好经营权转让后的问题,做好监管工作。

7.3.4.2 提升元谋土林周边古文化的吸引力,增强元谋土林人文内涵

元谋土林周边古文化底蕴深厚,但如何表现好,增强旅游吸

引力是一重要问题。

1965年中国古脊椎动物研究所钱方等,在元谋上那村发现两颗元谋人牙齿,经同位素测年及其他测年工具的检测,证明为170万年前的元谋直立猿人化石。这一成果的发现,将人类祖先的起源往前推进到170万年前,比北京猿人还早七十八万年。随后又在小河村发现元谋古猿化石。元谋人遗址现为国家级重点文物。

1972~1973年,在元谋县内,先后发现了许多旧石器、刮削器、尖状器和炭屑、兽骨。1986年又发现生活在400万年前的元谋古猿化石。这些都是元谋县作为人类发祥地的有力佐证。

元谋土林周边一系列古人类、古生物、古化石遗存,以及相伴出土的新石器、细石器、旧石器文化遗迹,对解答人类的起源与演化,人类的远古先民及其生产、生活、劳动等重大自然之谜有非常重要的意义,是世界研究古人类演绎与起源的关键地区之一,具有较高的史前文化研究价值。

元谋土林欠缺的是对元谋土林周边古文化的深度挖掘,缺少厚重的人文气息,需要在保存原始风貌的同时,生动形象地表现人类祖先在远古时代的生活、环境、行为,产生旅游吸引力,体现古文化旅游价值。

目前,元谋土林缺乏像沙雕节赛那样与陆良彩色沙林结合很好的旅游文化形式。因此,增强元谋土林周边古文化内涵的旅游吸引力,有利于增添元谋土林旅游人文气息,提升元谋土林的知名度,

针对元谋土林周边厚重的古文化氛围,结合元谋古文化特色,元谋土林以2005年元谋猿人化石发现50周年为契机,推出了一系列相关活动,如征集人类始祖雕像及“元谋人之歌”等,举办元谋人发现40周年国际研讨会,开展“回归人类故里,探寻人类遗迹”大型祭祖活动。使游人认识到元谋是人类的发祥地之一,元谋人是人类的始祖,元谋土林及其周边遗址,值得游人寻根探奇,产生了解人类祖先生产、生活方式的旅游愿望。

元谋土林及周边古文化旅游首先应注重参与式体验旅游。可安排游人在遗址点,在不破坏原貌的前提下,以“体验式参与复古游”的形式,在虚拟古环境条件下,参与狩猎、打制石器、钻木取火的活动。或在考古人员的指导下辨识化石,使用工具发掘化石,或利用先进工具或仪器测定地层、化石年龄,使游人在轻松愉快中获取知识,感受人类祖先的生活场景。

其次要建设一个“人类起源与发展”的专题博物馆。博物馆建设应注意静态与动态结合。由于资金缺乏与办馆理念的差异,现元谋猿人陈列馆主要为静态展示。在有资金保证的前提下,应考虑以元谋猿人为中心,承前启后,把人类演化发展史上一系列重大事件串联起来,办成一个“人类起源与发展”的专题博物馆。通过多媒体手段动态、生动、形象的展示各类事件、行为、环境,让游人有回到远古时代之感。还可把元谋土林、元谋猿人、元谋姜驿世界第二大恐龙化石基地串联成三位一体的地质科考、科普旅游线路。

7.3.4.3 元谋土林与周边景点的配套组合

元谋土林与周边古文化遗存、古生物化石群等景点有一定的空间关联,有利于自然与人文景点的有机结合,组织配套旅游线路,如图7-4所示。元谋土林距离周边元谋人遗址、元谋猿人遗址、元谋动植物化石群、世界第二大恐龙化石产地均不远,分布较为集中。旅游实践表明,一个景点如果没有配套旅游景点的辅助,旅游的可持续就成问题。例如,北京周口店猿人遗址,虽是人类文明发祥地,也为世界文化遗产,但由于景点孤立,周围没有其他的自然或人文景点与之配套,对游客的吸引力并不大。因此,元谋土林应努力发掘周边景点的旅游价值,并与元谋土林相辅相成,配套组合。

元谋土林与周边众多的史前文化遗迹,如西边3km的雷老古猿遗址,南边3km的金锁湾新石器遗址,北边5km外的豹子洞黄古猿遗址,东南30km外的元谋人遗址及北边,均是开展地质文化旅游的极好素材。元谋土林北边的姜驿半箐周边方圆

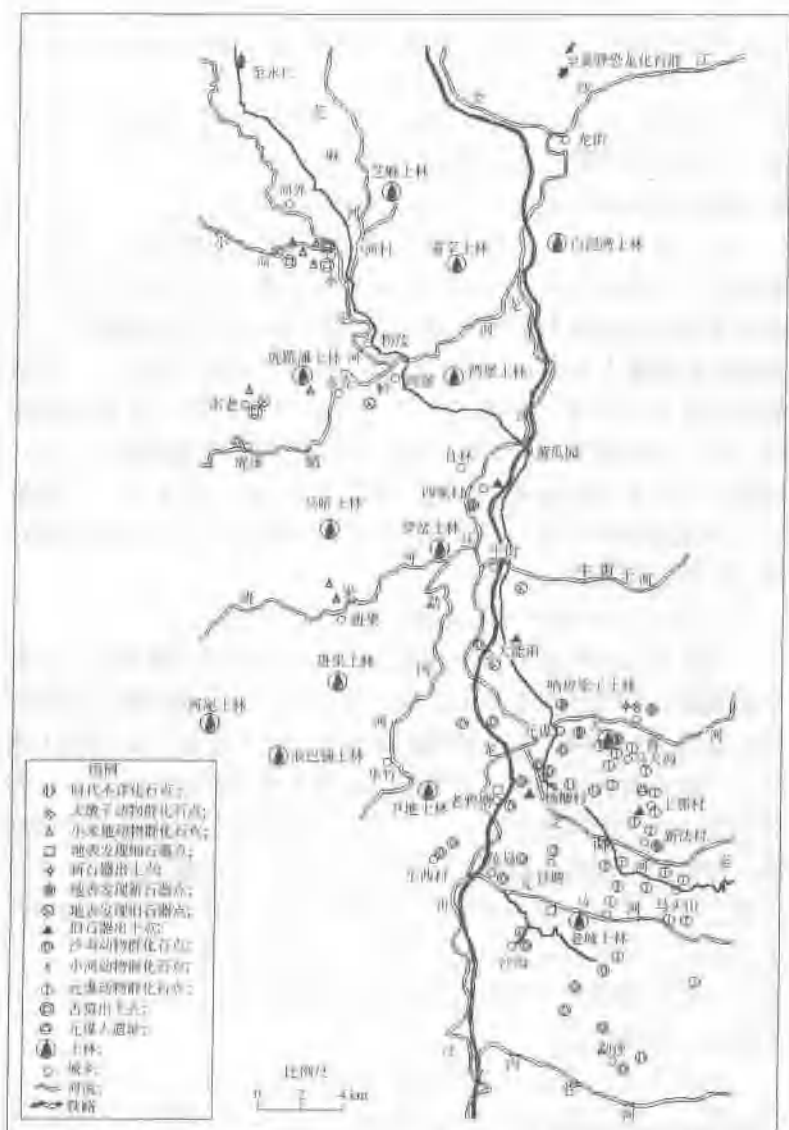


图 7-4 元谋土林与古文化元素的空间关系

40km² 范围内,发现了大型恐龙化石群,经专家考证,姜驿恐龙为云南龙属,背椎、肩胛、肢骨均和禄丰龙一致,时代为侏罗纪早、中、晚期的新种恐龙,成为全球第二大的恐龙化石地。总体上看,元谋古文化遗迹及元谋姜驿恐龙,距离元谋土林近便,区域旅游联动性强,适合组织地质旅游线路。

7.3.4.4 交通的改善,也是元谋土林振兴的重要因素

目前,从武定经元谋到永仁的高速公路已经开工,预计2007年就可以通车,使昆明到元谋的公路交通只要两个小时,使其与滇西北丽江、香格里拉、大理及四川区域旅游联动更容易实现。另外,元谋新华土林、班果土林的景观效果有别于虎跳滩土林,但交通亟待改善,早日建成为可向团队旅游开放的景区。

随着元谋土林旅游的发展,会带动元谋整个旅游产业链的联动发展,使元谋的餐饮、住宿、旅游交通、旅游商品均有一定程度的发展。

7.3.4.5 元谋土林游要与少数民族风情游有机结合

彝族文化是元谋及楚雄的特色少数民族文化,节庆活动众多,见表7-5。如能与元谋土林自然观光相结合,将提升元谋土林旅游价值。

表 7-5 元谋土林周边彝文化民族风情

节 日	农历时间	活动内容	节庆寓意
2月8日节	2月8日	荡秋千,打歌	男女互致爱意是节庆的重要内容,是青年男女表达对爱情向往和追求的节日
插花节	2月8日	摘马缨花,在田间和牛羊上插花,互相插花。男女共同起舞,相偕而歌,互表衷肠	为纪念勇除恶官,献身救姐妹的彝家姑娘咪依鲁而设立。互致祝福,祝愿来年康顺,来年有好收成

续表 7-5

节 目	农历时间	活动内容	节庆寓意
火把节	农历 6 月 21 日、25 日, 为彝族十月历法的一个年节	穿新装。点火把、斗牛、摔跤、歌舞。彝族新年, 是彝族最隆重、最热闹的节日	源于彝族先民对火的崇拜, 有纪念彝族英雄、奉天祭祖、以火驱邪避害、祈求五谷丰登、家人平安之意
乍定三月会	2 月 27 日~29 日	物资交流、歌舞	表达对生活殷实、幸福美满的愿望
马缨花节	2 月 8 日	团聚、祭祀、游山、对歌	祝福合家团圆, 表达对生活的美好祝愿
大姚赛衣节 (服装节)	2 月 28 日	姑娘最欢乐的节日, 身穿花衣, 在小伙子的月琴和唢呐伴奏下欢快起舞, 并不时换套新装, 相互比试灵巧、美丽和富足。彝族人称之为跳歌场	表达对美好生活的向往和追求
耍笙节	分时段。农历 6~7 月间, 跳小豹子笙; 农历正月初 8 日~15 日, 跳虎笙; 跳太锣笙, 农历 5 月 23 日~28 日; 跳龙笙, 农历二月初二	跳小豹子笙, 跳虎笙, 跳太锣笙, 跳龙笙。“笙”是来自彝人原始舞种中的舞蹈	跳小豹子笙是种成人礼, 以示成人, 也有原始生殖崇拜之意; 跳虎笙, 模仿虎的习性、动作的舞蹈, 表现祖先生产、生活及延续后代的情景, 以此奉天祭祖, 祈求丰年; 跳太锣笙, 是一种祭祀活动, 表达对祖先、神灵的敬畏; 跳龙笙, 表现农耕活动的舞蹈动作, 表达劳动的喜悦和热闹的情景

7.3.5 避免空间竞争

滇中林柱状地质景观成因有相似性, 规模度、景观造型有一定差异, 总体看, 共性大, 独特性小, 且空间分布相对集中, 竞争中有相互排斥现象。因此, 要避免空间竞争、同质竞争, 注意表现特色, 淡化林柱状形态的共同性, 减弱游客同一视觉感受的印象, 以异质的科学、文化、艺术等旅游价值为吸引物, 发挥其不同旅游功能, 让游人有体验不一样旅游景区的愿望, 促成旅游的实现。

研究表明, 林柱状地质景观空间竞争受林柱状地质景观的知名度 and 可达性因素的影响较大。一般而言, 游客受最大效益、求新、求异旅游原则的影响, 对林柱状地质景观这类内部共性大、独特小的资源观光型产品, 参观了某些个体后, 对其余属于同类型资源的个体就不再表现出强烈的兴趣, 而且同一类型的资源个体在同一地区出现, 易于产生空间竞争, 分流游客, 从而使各自吸引力相互抑制, 吸引力大的资源个体抑制吸引力小的资源。显然, 石林以其世界级的知名度, 具有很高的旅游地位和级别, 有“石林归来不看林”的旅游体验。因此, 距离石林很近的沙林, 在旅游者看来, 外形特征与石林一样也是拟人拟物, 似兽似物, 外加点神话导游, 并无特别之处。因此, 可以说沙林 1986 年发现并开发以来, 一直处于旅游阴影区, 石林对其旅游有屏蔽效应, 在旅游者选点组合中基本被忽略了。直到 2000 年沙林举办第一届国际彩色沙雕节赛, 才突出了自身的异质性。

同样对土林、膏林而言, 如旅游者不从地质差异性、形成与演化的特殊性等方面考虑, 只以观光旅游为主的话, 可能首先选择知名度最高的石林, 或是有沙雕文化辅助的国家级 4A 风景区沙林, 而放弃级别较低的国家级 2A 风景区土林, 以及才发现而未开发的膏林。很明显, 土林与膏林处在滇中林柱状地质景观旅游开发的夹缝之中, 缺少适合自身并区别于其他林柱状地质景观的旅游赢利模式。如果旅游只以“林”为宣传点, 势必陷入同质

空间竞争的激烈态势中,在“林”状地貌中没有优势可言,被居于垄断地位的石林、沙林所淹没,在“大鱼吃小鱼、小鱼吃虾米”的同质旅游“食物链”中败下阵来。因此,士林与膏林应立足于区域旅游市场,只求分得旅游经济的一杯羹,除非士林与古文化的联姻能成为一种成熟的旅游赢利模式,否则不应奢求更大范围的市场。

如果沙林、士林、膏林不能淡化与石林的共同性,按同质空间竞争的一般规律,将为石林所替代。路南大小石林以其很高的知名度,使距其仅只 8km,可进入性好,投入巨大的乃古石林入不敷出。乃古石林共投资 300 万人民币,从 1986 年 1 月 1 日开业,到 1993 年底,门票总收入仅 40 万元,亏损严重。可见滇中林柱状地质景观需要避免同质空间竞争并不是危言耸听。

因此,设计旅游线路应避免同质化。对同一批旅游者不宜推出同时含石林、沙林、士林、膏林的旅游线路。除非是为研究它们的科学共性或个性,才可推出林柱状地质景观科学考察线路。

结 语

通过着重以滇中“四林”为基础,兼顾国内外典型林柱状地质景观的旅游价值研究,可得到以下结论:

(1) 林柱状地质景观类型多样、分布有特点,旅游开发程度不一。

林柱状地质景观一词较贴切地概括了世界上一类具柱体之形、整体有林态之貌的地质景观。按成景地层、成景作用及成景地层固结程度等差异,可划分出不同的林柱类型,如岩溶石林、石英砂岩峰林、丹霞林柱、松散或半固结的沙林、士林等。林柱状地质景观分布有各自的特点,与成景地层和成景条件有关系,如岩溶型林柱一般分布在碳酸盐岩地区。有些林柱较为罕见,在全球未见广泛分布,例如,武陵源石英砂岩峰林、陆良彩色沙林等。林柱状地质景观以其独特的地质属性和景观形态,大多具有

旅游价值,但由于旅游开发条件的差异,旅游价值有不同程度的体现,如路南石林、武陵源石英砂岩峰林有世界自然遗产和世界地质公园的双重殊荣,美国大峡谷、澳大利亚的岩塔沙漠、土耳其格雷梅国家公园,均有富有特色的林柱,成为世界著名的旅游胜地。但也有一些林柱还未得到充分认识,旅游开发条件也不充分,如元江彩色膏林等,旅游价值并未体现。

(2) 林柱状地质景观特征既有共性又有差异。

林柱状地质景观的景观形态、地层岩性、构造运动、形成和发育、成景作用均有一定的共性。例如大多具备近水平微倾产状的成景地层、垂直节理发育,水流侵蚀居主导地位,形成发育具有阶段性、动态性和周期性的特点。一般经历沉积物堆积—沉积岩(物)形成—随地壳上升为台地—台地接受流水侵蚀几个阶段。但在林柱类型、景观形态、景观的稳定性、景观的成景作用等方面存在差异。例如,路南石林成景地层为碳酸盐岩,已成岩化,柱体稳定性好,景观形态丰富,柱体上有溶痕,峰林、峰柱发育,成景作用以岩溶化学作用为主;沙林、土林成景地层为松散或半固结的沉积物,柱体稳定性差,景观形态有残积台地、峰柱、峰丛、冲沟等组合形态。彩色沙林的呈色作用多元而复杂,土林的铁质风化壳的保护作用均有一定特色。膏林的成景地层时代与沙林、土林相近,但已成岩化,景观形态丰富,与沙林、土林类似,彩色膏林更以其独特的膏盐成景作用而区别于其他的林柱体。

(3) 林柱状地质景观均有一定的旅游价值,但程度不一。

林柱状地质景观形态多样、奇异、色彩丰富、意境独特,引人入胜,也具有地质事件、地球演化的代表性、典型性,因而有一定的科学价值和观赏价值。在详细分析地质特征、景观特征以及国内外对比的基础上,运用定性和定量方法,结合地质公园条件评价、林柱地质特质的评价和旅游综合条件的评价,对林柱状地质景观,特别是滇中林柱状地质景观进行了旅游价值判断,并为其旅游价值分等定级。按目前旅游价值高低排序依次为石林、

陆良彩色沙林、元谋土林、元江彩色膏林，均为具有一定品级的旅游地质资源。石林已成为世界地质公园、国家地质公园；陆良彩色沙林旅游发展迅速，现也是国家 4A 级旅游区；元谋土林尽管比陆良彩色沙林旅游开发早，但旅游价值未能充分发掘，现仍只是国家 2A 级风景区，如能在旅游开发中扬长避短，有潜力发展为国家级 4A 风景区；元江彩色膏林刚发现，旅游价值还未被完全认识和发现，尚需加强基础性研究，并不断完善旅游开发条件。

以滇中林柱状地质景观为典型示例构建的旅游价值评价体系，从不同的角度评价了旅游价值，对其他林柱状地质景观的研究有一定的借鉴作用。

(4) 林柱状地质景观的旅游价值不是静态的，而是在动态中体现。

林柱状地质景观旅游价值的持续体现，应不断寻找旅游价值提升和体现的新途径，重视地质特色的体现，提高地质旅游的表现力和吸引力，创造良好的社会效益、经济效益。例如，石林成功申报世界地质公园，景区增加了石林地质历史、演化等方面生动、形象的介绍及多媒体表现，增强了旅游吸引力，在原有旅游的基础上又上了一个台阶，旅游价值愈发显现；陆良彩色沙林原本是毫无价值可言的挖沙、卖沙之地，通过旅游创新，也能“乌鸡变凤凰”，发展成为 4A 级旅游区，更能通过国际沙雕节赛的举办，使旅游价值“更上一层楼”，得到更大的提升。类似地元谋土林旅游的发展也不能故步自封，而要不断进取，充分挖掘旅游价值潜力。

总之，多数林柱状地质景观旅游价值的体现，可围绕地质科学价值的发掘及与文化相结合展开，积极建设世界地质公园或申报国家地质公园、组织地质旅游线路、注重科学知识的旅游化、塑造特色旅游文化。

(5) 旅游价值的持续体现与环境保护密不可分。

林柱状地质景观，特别是滇中“四林”地处地质构造活动剧

烈,断裂、垂直节理发育,地震威胁存在、流水作用突出,重力作用、物理风化作用叠加的地带,地质稳定性差,柱体容易倒塌破坏,高大而有美感的柱体可能一夜之间消失殆尽。因此,林柱体的保护是这类景观旅游可持续发展的重要保证。相应的生物措施、工程措施、行政措施一定要多管齐下,给林柱状地质景观的保护创造一个良好的环境。目前,可实行核心区保护,并针对不同柱体的自然生命周期采取相应的保护措施,继续探索护根—护壁—排水—填缝—喷浆等工程与生物相结合的方法,并在高峰期限制游客量,推行生态旅游方式。

(6) 林柱状地质景观的演化发育与旅游生命周期相关程度高。

林柱体均有幼年、青年、中年、老年的发育过程,而其旅游生命周期也有发展、成熟、衰退、复苏的阶段性特征。当林柱体步入老年衰亡阶段时,柱体倒塌或失去观赏高度,也就失去了旅游价值,旅游周期也到了衰亡时候,应了一句古话“皮之不存,毛将焉附”。因此,培育幼年期林柱、维护壮年期峰林柱、延缓并拯救老年期林柱,是保持旅游生命活力的重要环节。培育幼年期柱体,就是要根据水土流失的一般规律,对景区内水流下蚀明显且有条件发育成具一定高度柱体的台地,在不损害整体景观的前提下,尝试性通过人工措施,加快流水切割、下蚀进程,如盆景般控制形态演变,形成特色林柱,取代已衰亡林柱。

林柱状地质景观旅游价值的体现是个动态的过程,需要创新意识和进取精神,过去的方法在当时发掘了旅游价值,并不等于将来还管用。因此,旅游价值的可持续体现,要立足于长远。

林柱状地质景观旅游价值的发掘,需要各方面综合因素的促进,建议关注以下几方面的问题:

(1) 重视旅游地质学科的发展。云南众多的美丽风光,大多与地质环境息息相关。旅游地质学科大有用武之地。这一新兴的边缘学科,尚需进一步的完善和提高,形成自身的学科体系、理

论、方法等。有条件成为适应云南旅游地质资源开发的指导性学科。可涉人的领域广泛,课题研究有一定基础,在云南旅游开发实践中越来越受到重视,需要在云南旅游研究课题中给以一定倾斜,以促进学科发展和人才培养。

(2) 引导开展林柱状地质景观的研究。就像石林的研究基金一样,鼓励多学科专家参与林柱状地质景观的研究,不仅多角度、深层次地关注林柱状景观的旅游价值,同时还要视野宽广,把世界同类景观纳入研究范畴,建立对比资料库,相互的旅游发展可借鉴、学习,共同推进旅游价值的体现和发掘。把对国内外及滇中林柱状地质景观的研究成果,及各林柱状地质景观旅游开发与保护的经验和经验,扩展应用到云南乃至全国其他的林柱状旅游开发与可持续利用的实践中。

(3) 积极建设世界地质公园及开展国家地质公园的论证。一些林柱状地质景观具有申报和建设世界地质公园及国家地质公园的条件,申报和建设的过程都将极大提高知名度,成为旅游宣传的活广告。例如,石林成功申报世界地质公园,旅游效应十分明显,旅游价值突出显现。仅2004年1~9月就接待游客160万人次。对其他有地质特色的林柱状地质景观旅游价值的体现有明显的启示作用。实践证明地质公园是地质遗迹保护及旅游开发有机结合的重要方式,有利于推动地学科考、科普基地的建设。陆良彩色沙林、元谋土林有条件申报国家地质公园,应加快申报国家地质公园的准备工作,对照国家地质公园的要求,积极开展相关的论证和研究,并在保护好地质景观的前提下,合理进行旅游开发。

(4) 做好林柱状地质景观的保护工作。林柱状地质景观稳定性差,特别是沙林、土林、膏林,易水土流失、崩塌,一旦失去,旅游价值也随之丧失。因此,林柱状地质景观开发的前提是保护,在保护中开发,才能达到可持续利用的目的。要综合运用工程措施、生物措施、行政措施保护好林柱状地质景观,采取切实有效的方法和手段合理保护林柱体。

参 考 文 献

- 1 杨世瑜. 沙林旅游地质与沙文化研究. 国际文化出版公司, 2005
- 2 方海川. 景观及旅游景观特征探讨. 旅游管理, 2003(2)
- 3 陈述彭主编. 遥感大辞典. 北京: 科学出版社, 1990
- 4 中国社会科学院语言研究所词典编辑室编. 现代汉语词典. 北京: 商务印书馆, 2001
- 5 李烈荣, 姜建军, 王文. 中国地质遗迹资源及其管理. 北京: 中国大地出版社, 2002
- 6 杨世瑜, 王树春等. 三江并流带旅游地质资源开发与环境保护. 昆明: 云南民族出版社, 2003
- 7 云南省旅游局. 云南导游基础知识. 昆明: 旅游教育出版社, 2002
- 8 陈安泽, 卢云亭. 旅游地质概论. 北京: 北京大学出版社, 1991
- 9 陈安泽. 旅游地学的理论与实践(丛书). 北京: 地质出版社, 1998
- 10 王守春, 陈传康. 评《旅游地质概论》. 地理学与国土研究, 1994, 10(1): 2~4
- 11 保继刚, 楚义芳. 旅游地理学. 北京: 高等教育出版社, 1999
- 12 杨世瑜, 吴志尧. 旅游地质学. 天津: 南开大学出版社, 2000
- 13 陆景均. 旅游地质学. 北京: 中国环境科学出版社, 2003
- 14 Liu Xia. The Typical Karst in South China. Proceedings Pacifican Congress 87, 1987
- 15 Julia James. A Comparison of the Stone Forest of Lunan with Pinnacle Karsts of the World (A). Beijing: China Environmental Science Press, 1999
- 16 Yun Daijian, Liu Zailuan. Global Karst Correlation. Beijing, Utrecht: Science Press, 1998
- 17 袁道宏. 中国岩溶学. 北京: 地质出版社, 1993
- 18 明庆忠. 石林与丹霞地貌的开发. 云南师范大学学报, 2000, 20(3)
- 19 肖星, 严江平. 旅游资源及其开发. 北京: 中国旅游出版社, 2002
- 20 覃建雄. 四川旅游资源评价内容、指标及规范初探. 成都理工学院学报, 2002, 29(1): 13~16
- 21 李周, 樊建华等. 旅游业对中国农村和农民的影响研究. 北京: 中国农业出版社, 2004
- 22 李惠民. 我省今年旅游总收入已逾 250 亿元. 春城晚报, 2004. 12. 14. A7 版
- 23 潘江. 中国的世界自然遗产的地质地貌特征. 北京: 地质出版社, 2002
- 24 陈国达. 武陵源的形成与演化. 地质与资源, 1980(4)
- 25 曹伯勋. 地貌学及第四纪地质学. 北京: 中国地质大学出版社, 2003

- 26 Ford D, Williams P. Karst, Geomorphology and Hydrology. Boston, Sydney, Wellington, UNIWYN HYMAN, 1980.
- 27 孙亚飞. 世界自然奇观. 北京: 地质出版社, 2004.
- 28 王富昌, 张发明, 梁永宁等. 中国石林. 昆明: 云南科技出版社, 1998.
- 29 UNESCO. European Geoparks Network. European Geoparks Magazine, Issue 2002.
- 30 谢洪忠, 刘洪江. 美国国家公园地质旅游特色及借鉴意义. 中国岩溶, 2003 (1): 33~35.
- 31 卢耀如. 岩溶——奇峰异洞的世界. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- 32 耿弘. 云南 100 种自然景观. 昆明: 云南科技出版社, 2000.
- 33 练继群等. 走进国家地质公园. 广州: 广东省地图出版社, 2003.
- 34 Chinese National Geoparks. The Geological Press of China, 2003.
- 35 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1990.
- 36 唐川等. 云南泥石流研究. 北京: 商务印书馆, 2003.
- 37 石林景区导游图. 北京: 中国地图出版社, 2002.
- 38 云南省风景园林学会地质地貌专业委员会. 路南石林风景名胜区管理局石林研究组. 中国路南石林喀斯特研究. 昆明: 云南科技出版社.
- 39 地质矿产部环境地质研究所编. 中国旅游地质资源图说明书. 北京: 中国地图出版社, 1992.
- 40 章程, 谢运球等. 云南路南石林裂隙渗透张量特征. 中国岩溶, 2001, 20(2): 22~25.
- 41 李玉辉, 梁永宁, 耿弘. 滇中路南石林发育年代研究. 中国区域地质, 1998.
- 42 彭建. 中国石林发育研究进展. 中国岩溶, 2002, 21(1): 33~35.
- 43 云南石林申报世界自然遗产研究组著. 云南石林申报世界自然遗产研究. 北京: 科学出版社, 2002.
- 44 李玉辉, 杨一光等. 云南石林岩溶发育的古环境研究. 中国岩溶, 2001, 20(2).
- 45 张世伟, 朱杰勇, 张磊. 云南陆良彩色沙林成景岩组的充填序列与盆地演化. 沙林旅游地质与沙文化研究. 北京: 国际文化出版公司, 2005.
- 46 李波, 陆良彩色沙林沙漠源地质背景特征与可持续利用建议. 沙林旅游地质与沙文化研究. 北京: 国际文化出版公司, 2005.
- 47 钟昆明. 陆良彩色沙林的地质科普意义. 沙林旅游地质与沙文化研究. 北京: 国际文化出版公司, 2005.
- 48 王宇. 陆良彩色沙林成因研究. 沙林旅游地质与沙文化研究. 北京: 国际文化出版公司, 2005.
- 49 吴志亮, 梁永宁. 陆良盆地, 牛头山古岛与彩沙物源. 沙林旅游地质与沙文化研究. 北京: 国际文化出版公司, 2005.
- 50 张兵, 张艳芳, 唐红芬. 云南陆良彩色沙林成因初探. 昆明理工大学学报.

- 1999, 24(1): 177~181
- 51 魏方, 周国兴. 元谋第四纪地质与古人类. 北京: 科学出版社, 1991
- 52 程裕祺. 中国区域地质概论. 北京: 地质出版社, 1994
- 53 吴志尧, 杨世瑜. 元江彩色盲林及类似旅游地质资源开发与保护. 沙林旅游地质与沙文化研究. 北京: 国际文化出版公司, 2005
- 54 梁顺民, 计凤桔, 向宏发. 红河活动断裂带. 北京: 海洋出版社, 2001
- 55 地貌遥感图解. 北京: 中国地图出版社, 2000
- 56 杨明德, 祝安. 惟状喀斯特地区溶洞景观特征及其旅游资源评价. 中国岩溶, 2004(2): 21~24
- 57 高等学校自然地理教学地图册. 北京: 中国地图出版社, 2003
- 58 王宇. 断陷盆地岩溶水赋存规律. 昆明: 云南科技出版社, 2003
- 59 曹家欣. 第四纪地质. 北京: 商务印书馆, 1983
- 60 骆高远. 旅游资源评价与开发. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2003
- 61 赵进等. 从地质遗迹的保护到世界地质公园的建立. 地质论评, 2003, 49(4): 1~4
- 62 Ji Shu'an, Pan Jiang. The Geological Heritage Sites and National Parks in China. Engineering Geology and the Environment. London: Longman Press, 1997
- 63 王志光. 建设地质公园开拓地质服务新领域. 河南地质, 2001(4)
- 64 Eder W. 1999. "Unesco parks"—A New Initiative for Protection and Sustainable Development of the Earth's Heritages. N. J. B. Geol. Paleont. abh. 214(1/2):
- 65 Derek Ford. Preface for "Stone Forest: A Treasure of Natural Heritage" China Environmental Science Press, 1997
- 66 云南统计局. 石林经济年鉴(1996~2003). 昆明: 云南科技出版社, 2004
- 67 宋林华, 王富昌. 21世纪的石林旅游业. 中国岩溶, 2001, 20(2): 28~30
- 68 吴传钧. 论地理学的研究核心——人地关系地域系统. 经济地理, 1991, 11(3): 22~26
- 69 杜恒位等. 地貌学及第四纪地质学. 北京: 地质出版社, 1981
- 70 黄杏元, 马劲松, 汤勤. 地理信息系统概论. 北京: 高等教育出版社, 2001(第二版)
- 71 朱大奎等. 环境地质学. 北京: 高等教育出版社, 2000
- 72 张凯然. 专家呼吁创建旅游风景区“三化”风. 春城晚报, 2002. 6. 27(第8版)
- 73 钟林生, 赵士洞, 向宝惠. 生态旅游规划原理与方法. 北京: 化学工业出版社, 2003
- 74 罗明义. 生态旅游可持续发展. 旅游学刊, 2002(3)
- 75 张洪. 旅游资源适度开发及其度量指标. 人文地理, 2004, 19(1)
- 76 保继刚. 旅游开发研究. 北京: 科学出版社, 2000

- 77 张万雄, 向风行. 旅游目的地开发原理与实践. 北京: 中国旅游出版社, 2003
- 78 查爱萍. 旅游地生命周期理论的深入探讨. 社会科学家, 2003(1): 11~13
- 79 俞万源. 关于旅游地生命周期理论模型作为预测工具的思考. 嘉应大学学报(自然科学版), 2001(6)
- 80 俞锦标, 李刚等. 驱动石林风景名胜区旅游可持续发展的思考. 中国岩溶, 2001, 20(2): 25~37
- 81 王燕. 彩色沙雕节带热旅游经济. 云南日报, 2004.12.16(第12版)
- 82 和志强主编. 元谋古猿. 昆明: 云南科技出版社, 1997
- 83 吴必虎. 区域旅游规划原理. 北京: 中国旅游出版社, 2001
- 84 石林旅游再上新台阶. 云南信息报, 2005.1.8(第四版)
- 85 申报世界遗产公约. 中华人民共和国建设部, 1999
- 86 Zhao Xun, Wang Mily. National Geoparks Initiated in China: Putting Geoscience in the Service of Society. Episodes, 2002 25(1)
- 87 陈安泽. 地质旅游的科学化. 旅游学刊, 2003(2): 2~4
- 88 吴强. 中国地质博物馆开馆. 北京晚报, 2004.7.10(第1版)
- 89 骆静珊. 中国陆良彩色沙林旅游开发. 沙林旅游地质与沙文化研究. 北京: 国际文化出版公司, 2005
- 90 杨世瑜, 黄楚兴. 云南旅游地质资源及可持续利用. 云南地理研究, 2001, 13(1)
- 91 赵汀, 赵逊等. 欧洲地质公园建设和意义. 地球学报, 2002, 23(5)
- 92 忻迎一. 宇宙与人. 北京: 中国电影出版社, 2001
- 93 周国兴, 张兴永. 元谋人. 昆明: 云南人民出版社, 1984
- 94 姜晖发现世界第二大恐龙化石群. 春城晚报, 2001.3.15(第1版)
- 95 罗明义. 21世纪云南旅游业发展战略研究. 昆明: 云南大学出版社, 2001
- 96 云南民族事务委员会, 云南省旅游局等单位联合编撰. 奇理滇东. 普洱: 德宏民族出版社, 2002
- 97 杨世瑜. 重视旅游地质资源开发. 云南日报, 2000.2.9
- 98 尤兴光. “彝文化”在云南历史发展中的地位和作用. 彝文化研究, 1991(1)
- 99 平建友. 南碑瑰宝. 昆明: 云南大学出版社, 1992
- 100 王晓. 元谋旅游焕发活力. 春城晚报, 2004.12(第四版)
- 101 保继刚. 旅游开发原理. 方法与实践. 北京: 科学出版社, 2000
- 102 UNESCO. The World Heritage. Madrid: Incafo, 1996
- 103 UNESCO. China's World Heritage-treasures of the Middle Kingdom. Paris: UNESCO World Heritage Center, 1996
- 104 UNESCO. Intergovernmental Committee for the Protection of the World and Natural Heritage. Operational Guidelines for the Implementation of the World

- Heritage Convention, 1996 WHC121 Center, 1996
- 105 Cowie, J. W. Reporter of Task Force Meeting, Working Group on Geological (inc. fossil) Sites. A Cooperative Project of UNESCO/IGUS, IGCP8-ITCN, 1991
 - 106 Pan J. On the Conservation of Geological (Including Fossils) Heritage in China. *Mem. soc. Geol. France*, 1994, (165)
 - 107 Pang Jiang, Lu Liwu, Ji Shu'an. Geosites and Their Protection in China. *Proc. 30th Geol. Congr. 1997(2)(3)/VSP, Netherlands*
 - 108 Liu, J., R. Zuen, D. X., J. Pan. Characteristics and Distribution of Tropical Karst Geological Heritage in Guilin, the Necessity and Importance for its Protection. *Mem. Soc. Geol. France*, 1994(165)
 - 109 Ji Shu'an, Pan Jiang. The Geological Heritage Sites and National Park in China. *Proceedings International Symposium on Engineering Geology and the Environment*, Organized by the Greek National Group of IAEG/ATHENS/GREECE/, 1997
 - 110 Pan J. Conservation of National Geological Sites in China. From O'Haloran, D., Green C., Harlez, M. Stanely, M., and Knill, J. (eds), London: Geological and and scenic Conservation, Geological, 1994
 - 111 Pyall, A., Garrard B. Sustainable Tourism: Towards a Methodology for Implementing the Concept. In: *Tourism and Sustainable* (Edited by M. J. Stabler), Wallingford: Cab International, 1999
 - 112 Garrett Nagle and Kris Spencer. *Advanced Geography through Diagram* Shanghai English Education and Researching Press, 2000
 - 113 Dwight F. Rertie. *Our National Park System—Caring for America's Greatest National and Historic Treasures*, University of Illinois Press, 1995
 - 114 *Environmental Science* Michael L. McKinney West Publishing Company New York, 1996
 - 115 *Environmental Geology* Carla W. Montgomery Wm. C. Brown Publishers, 1995
 - 116 *Modern Physical Geology* Thompson Turk Saunders College Publishing, 1995
 - Herpak M., Strongfield V. T. *Karst Important Regions of the Northern Hemisphere* Elsevier Publishing Company, NY, 1972
 - 117 Judith A Adams. *The American Amusement Park Industry*, Bogue's Publishers, 1991
 - 118 R. W. Butler. The Concept of a Tourist Area Cycle of Evolution: Implications for Management of Resources. *Canadian Geographer*, 1980, 24(1)
 - 119 梅燕雄. *中国旅游地质资源与可持续发展战略*. 北京: 地质出版社, 2001
 - 120 冯天骊. *中国地质旅游资源*. 北京: 地质出版社, 1998
 - 121 J. N. Jennings. *Karst Geomorphology*, basil Blackwell, 1985

- 122 Herpak M. V T Stringfield. Karst Important Regions of the Northern Hemisphere. Elsevier Publishing Company NY. 1972
- 123 Stephen Trudgill. Limestone Geomorphology. Longman Press. 1985
- 124 Mieczkowski. Environmental Issues of Tourism and Recreation. University Press of American Inc. 1995
- 125 Wht. unesco.org(联合国教科文组织世界遗产和世界地质公园网站)
- 126 The Ministry of Construction of the People's Republic of China. World Heritage Convention Natural Heritage: Three Parallel Rivers of China.
- 127 Bien M.N. Geology of the Yuanmou Basin. Yunnan. Bull. Geol. Soc. China. 1999
- 128 Bien M.N. Preliminary Observations on the Cenozoic Geology of the Yuanmou Basin. Yunnan. Idem. 2001
- 129 Gredner W. Observation on Geology and Morphology of Yunnan. Geol. Surv. Kwangtung and Kwan-gsi. Special Publication. 2002(10)
- 130 徐泉清. 中国旅游地质. 北京: 地质出版社. 1998
- 131 地质矿产部环境地质研究所编. 中国旅游地质资源图说明书. 北京: 中国地图出版社. 1992
- 132 明庆忠. 元谋土林旅游开发的战略思考. 区域开发研究. 1991(2)
- 133 刘树根. 云南陆良盆地的形成与演化. 成都理工学院学报. 1997. 24(4)
- 134 张慧馨. 旅游地质学发展前景. 水文地质工程. 1999(6)
- 135 刘树根. 云南陆良盆地第三系含气系统基本过程研究. 成都理工学院学报. 1999(4)
- 136 陈成宗等. 旅游地质资源的开发与保护. 地质灾害与环境保护. 2001. 12(2)
- 137 王志光. 建设地质公园开拓地质服务新领域. 河南地质. 2001(4)
- 138 刘正明等. 陆良盆地生物组合及地层划分. 云南地质. 2002. 19(2)
- 139 朱济成. 旅游地质学. 四川地质科技情报. 2000(1~2期)
- 140 李京森等. 中国旅游地质资源分类、分区与编图. 四川地质科技情报. 2000(1~2期)
- 141 云南省地质矿产局. 云南岩相古地理图集及说明书. 昆明: 云南科技出版社. 1995
- 142 云南省地质矿产局. 云南省岩石地层. 北京: 中国地质大学出版社. 1996
- 143 罗槐章. 陆良盆地上第三系未熟烃源岩特征及生物气成因分析. 天然气工业. 第19卷第5期
- 144 刘泽盛, 李庆辰. 关于元谋盆地的沉积特征与地层划分. 海洋地质与第四纪地质. 1988. 8(2)
- 145 钱方. 关于元谋人的地质时代问题. 人类学学报. 1985. 1(1)
- 146 江能人, 孙崇, 梁其中. 元谋早期猿人(牙齿化石)的发现及其意义. 云南地

- 质, 1987, 6(2)
- 147 钱方, 凌小惠, 元谋土林成因及类型的初步研究, 中国科学, 1989, 4(4)
- 148 浦庆余, 钱方, 元谋盆地地貌发育的过程, 昆明: 云南人民出版社, 1984
- 149 浦庆余, 钱方, 对元谋人化石地层——元谋组的研究, 地质学报, 1977, 51(1)
- 150 裴文中, 云南元谋更新世初期的哺乳动物化石, 古脊椎动物与古人类, 1961(1)
- 151 叶文, 明庆忠, 杨志耘, 云南山水景观论, 昆明: 云南科技出版社, 1996
- 152 甘枝茂, 马耀峰, 旅游资源与开发, 天津: 南开大学出版社, 2001

Research on Geological Landscape of Forest-pillars Form

The concept of forest pillars forms is not researched for in all kinds of articles; it is new concept or word; it summarizes a kind of tourism resource, which exist in real life. The paper chooses landscape of forest pillars forms in Mid-Yunnan as objective of researching according to need of researching field. There are two kinds of properties of tourism resources and geological resources included in the object of researching; it is also a kind of tourism geology resources.

From view of tourism visiting, "forest pillars forms" describes outside forms of landscape, means the property that has forest forms from whole view and has pillar form from individual view. From view of geology, forest pillars landscape, are also geology body and geology heritage based geological environment. Whether stratum, condition, action or natural life cycle that build up landscape have relationship with geology. Geological properties affect tourism values embodying, tourism exploitation and protection must be also in line with geology law. There are the geology landscape of forest pillars forms have special tourism attraction, for example, sandstone pillars and peaks in Zhangjiajie, stone forest, Danxia geomorphology and colorful sand forest, earth forest, gypsum forest all give tourists comfort of vision beauty. Researching on its tourism values shall be based geological background; know deeply its properties of geology and landscape, research its form and evolution, common and individual properties, etc. stress comprehensive analysis and comparing research. Mix organically knowledge of tourism and geology; bring advantage of tourism and geology subject into full play. From view of geology landscape science and visiting properties, develop its tourism values. Seek for way of transferring geology resources to tourism resources, develop and protect it correctly under guide of geological law. Use basic thought and methods above, the paper stresses on several aspects as following:

There are some geological landscapes of forest pillars forms distributed in the world and in China. For example, there is an earthy forest of tuff in Turkey. There are also tower-like, sword-like and cone-like stone forests of karst in more than 20 countries. There are more than 18 national geologic

parks having forest pillars characteristics. Wulingyuan quartz sand peak forest is well known by much more and higher forest columns. It was named as the world geological park and the world natural heritage. Danxia geomorphology is distributed widely over more than 350 places in China, the Guangdong Geopark of Danxia Mountain is most typical Danxia geomorphology, and there are lots of characteristic pillars in Danxia scenic district. In addition, there are more other types of forest pillars, such as granite forest pillars, forest pillars formed by wind erosion and forest pillars of Loess. Compared with stunc forest, there are less sand forest and earthy forest distributed, they are belong to the outcome of water and soil erosion distributed mainly over Yunnan, Sichuan, Tibet, Xinjiang, Gansu, Jilin, and so on.

The extent of Mid-Yunnan researching region is not determined by principles of administrative and geological structure. But according to vicinity principle of distance united with administrative district principle. Putting south Qijiang that is adjacent to Kunming into original Min-Yunnan administrative district. Therefore, the extent of Mid-Yunnan includes Kunming, Yuxi, Chuxiong and south Qijiang. Thus the geological landscape of forest pillars in Mid-Yunnan comprise the Sand Forest, the Colorful Sand Forest in Luliang county, the Earthy Forest in Yuanmou county and the Colorful Gypsum Forest in Yunjiang. The four forest pillars districts have different features of situation, topography, geomorphology, climate, hydrology, ecology, vegetation, geological background and structure unit of geology. To certain degree, these conditions affected tourism value embodying.

Geology feature researching on geological landscape of forest pillar forms involve in rich contents. Such as conditions of formation, natural evolution, life-cycle and feature of landscape forms. The result of researching indicates that there are some common traits of formation. For example, the pattern of superposed structure controlled the basic landform of forest pillars. The development of vertical joint is in favor of vertical leaching, vertical joints is also benefit to cut columns, the crust uplifting is helpful for denudation, erosion to terrace, furthermore, water erosion and cutting along vertical joints made the pillars form gradually.

From view of geology tectonics, they are all locate in fault basin or sedi-

ment basin among plateaus, have deep and great rupture developing and controlling, the earth's crust move violently, such as fault and uplifting, it made stratum breaking and developing vertical joints. For example, The Stone Forest is under controlling of west Jialitong structure layer, number one sub-layer of east and south-east Haixi structure layer. The colorful sand forest in LuLiang belong to Yangzi paraplatform macroscopically, locate on the edge of ancient Nintoushan island, between Qiangui platform and Kunming subsidence zone, locate also to eastern section of Xiajiang deep and great rupture, belong to new Huaxia tectonic system.

Yuanmou County locates inside to western section of "shan"-like tectonic. Yuanmou Dugshan great rupture and its substructure control the earthy forest developing macroscopically, the rupture zone has character of stressing and twisting. It makes rock easily cutting and forming vertical joints. The Yuanjiang colorful gypsum forest locates in Jingshajiag-Honghe rupture zone, on link line of Euroasia and India plate, also on the junction of gotectionic unit. Because of controlling of Ailao mountain rupture zone, make early tertiary period strata of the colorful gypsum forest stress and squeeze, occur folding and warping, form fault and vertical joints.

Vertical joints play important role in the course of forest pillars developing, vertical joints enhance weathering and water cutting down along crack, provide conditions for growth and separation of columns along vertical orient.

The near horizontal occurrence of stratum is in favor of the stability of the sculpted forest pillars.

The earth's crust uplifting make sediment rocks and depositions in sea and lake raising, during depositions mesa uplifting, water flow down and erode along vertical joints, make mesa disintegrate easily, is helpful for formation of pillars.

Water flowing act as sculpture worker during forest pillars developing, it is water flow that permeate and cut down along vertical joints, disintegrate whole terrace into separate, higher, enrich columns.

The difference of lithology is the critical factor for forming scenery. The Stone Forest developed on the limestone of Maokou Formation in the Permian, had features of thick strata and purity, belonged to sea faces

sediment. The strata of the Colorful Sand Forest in Lulian belong to Niuotoushangroup in Proterizic era; it is weak metamorphic rocks system. Belongs to Ciyang formation, which mainly is quartz sandstone, arkose, sandstone, siltstone, silty mudstone, sericite slate and intercalated with tuff and silicilite. Their depositional setting is estuary delta along lakeshore and proluvium-alluvial fan along piedmont. The stratum of Yuan earthy forest is comprised of loose substance of Cenozoic Paleogene to quaternary, it is thick sediment of lake and river appearance more than 700 meters.

The stratum of colorful gypsum in Yuanjiang is composed of varicolored gypsum-bearing mudstone, shale and sandstone of Eogene System.

There are also other different actions for formatting scenery in addition to common characteristics. For example, Carbonation-solution action is an especial factor for formatting The Stone Forest. The action occurs on rocks containing calcium carbonate, e.g. chalk and limestone. Rainfall and dissolved carbon dioxide forms a weak carbonic acid. Calcium carbonate reacts with an acid water and forms calcium bicarbonate or calcium hydrogen carbonate, which is soluble and removed by percolating water. During this course, forest pillars under or up ground are formed gradually. This is a characteristic action different from the action that forms sand forest, earthy forest, and gypsum forest.

The origins of enrich color of the Sand Forest are very complex, a lot of factors may affect its color. The result of researching indicate that the dominant and basic factor is paleogeographic environment, the color of sand bodies in line with parent rock under paleogeographic deposit environment. Various colors presented by the sandstone (Ciyang formation (N₂)) derive from different minerals and debris in the rock, which come from the slightly metamorphosed source rock Niuotoushan formation (Z₁⁺); Debris and mineral optical character are other critical factors, for example, the difference of substance component, especially the impurity element and microelement difference in sediment. The different water content ratio of minerals and rocks, and the absorbability of clay mineral in sand layers all make color more complex. The diversified sunlight reflectivity of minerals in the rock is also a factor of color; furthermore, filling and cement in sand body also create different color. In

addition, the other part (secondary) factors, such as fault and stratum dislocated and collapsed, the fake bedding formed by the secondary change in the anaphase of diagenism, the coloration by the elements carried by overflow, the pervasion and infiltration of the surface underground water, living things factor all may make color complex.

The dissolving action of gypsum occurring in the colorful gypsum forest belongs to hydration, it makes gypsum reserve. Gypsum hydration is the process where by a hydrate mineral absorbs water; under go expanding and changing to become gypsum finally. Generally speaking, gypsum hydration action make easily strata leach and erode, it is harm to stability of forest pillars. But under dry and hot climate condition in Yuanjiang, the mechanism of gypsum hydration action becomes especial, form gypsum-mud crust to protect columns, makes it not collapse.

The weather crust of iron feature and iron cement of Yuanmou earthy forest has umbrella-like protection result.

Under humid and hot climate condition, most of instable Ca, Na, K, Mg elements are eroded faraway, but Al, Fe, Si element are maintained to form slight red weather crust on column as umbrella, prevent forest pillars from rainfall. Diminish ratio of water and soil erosion. It is in favor of column stability.

On basic of researching on formation conditions and cause analysis above, also researching on their natural life cycle of evolution. The formation of geological landscape of forest pillars shape, especially the colorful sand forest, the earthy forest and the gypsum forest can be divided into three stages:

Number one: semi-consolidated sediments formed in lacustrine and delta condition.

Number two: regional uplift movement of the earth's crust made the area an erosion platform;

Number three: following joints and cracks, surface water gullied the platform; cut deeply and enlarged gullies, turned the area into landform of all kinds of forest pillars shape.

In addition, during number three phrases, according to geomorphology cycle law of Dawis, The formation of landscape can be divided into three de-

velopment stages too:

Young stage: sprout of column.

Mature stage: pole and forest pillars formatted.

Senescence stage: the forest and pillars starts to collapse and gradually disappears.

But there are differences in term of evolution time and evolution velocity.

Landscape shape is also reflection outside for geological feature of the geological landscape of forest pillar form in Mid-Yunnan. The outcome of Researching indicate that among them, There are different and common feature in aspects of type, shape, artistic conception, bedding, etc.

On basis of understanding geological and scenic features, contrast researching is made among them and other forest pillars, contrast researching with forest pillars abroad is made, after whole contrast, contrast each other are also made. Such as karst stone forest and karst peak forest, earthy forest and Danxia geomorphology; Stone forest and quartz sand peak, etc. The outcome of contrast direct that the geology feature of the Stone Forest is very typical and standard in the world, is characterized by sword-like karst, its scale, height, artistic conception all provide good condition for tourism. The enrich color of Sand Forest is very rare in the world. The earthy forest and Danxia geomorphology have common traits and also have differences.

The whole area of YuanMou earthy forest is bigger more than 50km², having especial artistic conception. The colorful gypsum forest has its special traits, similar scenery is not be found in other region, but its area is too small, easily substituted by other similar landscape, is difficult to be well known in the world.

After whole analysis on geological properties, landscape feature and contrast researching, the tourism values of the geological landscape of forest pillars forms become clearer gradually. The factors that affect tourism values have lots of traits, such as comprehensive attribute, difference attribute, natural basis attribute, man-made attribute, dynamics attribute, scientific attribute, enjoyable attribute, historic culture attribute, economics attribute, etc. In order to avoid researching on all factors that affect tourism value, choose several important factors, they are scientific value, enjoyable value and eco-

nomic value. These factors mostly belong to itself attributes, evaluate these values with quantity method and defined method, finally indicate that these geology landscape of forest pillars form have very high geological science value, enjoyable value and economic value, especially the Stone-Forest, the colorful sand forest and the earthy forest.

Choosing the method of feature factors to evaluate view value of geological landscape of forest pillars shape. Eight factors are chosen as evaluation indexes including height of column, area of forest pillars (size degree), sorts of column shape, stability properties of column, special degree, beauty degree, cooperation setting of landscape, characteristic significance of geology. Each factor account for different weight in the index system of evaluation. The experts give score between 0 and 10 of each factor to each geological landscape of forest pillar. Then multiply weight by score to gain total score. The outcome of calculation show that the Stone Forest is excellent, the sand forest, the earthy forest and the gypsum forest are all good. At the same time, according to data of tourism economies, the paper evaluate their tourism economics value, the outcome of evaluation show properties of tourism value are dynamic and varied.

In addition, on the basis of the evaluation standard of national tourism resources, the paper evaluates that comprehensively their tourism value. The conclusion is in line with the outcome of feature factors method. The Stone Forest is still on the top of list.

Finally, in order to embody tourism values more effectively, the paper put forward the following tactics and measures: Construct Geopark, transfer scientific knowledge to serve for tourism, organize routes of geology tourism, tourism configuration and cooperation, protect environment of geology landscape correctly. Press on Geopark is a very well way combined protection of geology heritage with tourism exploitation; The Stone Forest should construct scientifically world Geopark, The Sand Forest and the Earthy Forest apply for national Geopark enthusiastically; understand significance, influent factors, contents, channel, methods of transferring scientific knowledge to serve for tourism, in order to make tourist enjoyable. Organize route of geology tourism including the geological landscape of forest pillars, remains of

Yuanmou man, dinosaur base in Lufeng, paleontology fossils group in Chenjiang; viewing the geological landscape of forest pillars should be combined with tour of ethnic characters, peculiar tour of sand sculpture culture and tour of historic culture; adopt measures of maintaining water and soil, protecting roots and cliff, draining flow, filling cranny and painting pellicle. Paying more attention to avoid much more man-made, controlling amount of tourism reasonably, practicing rules of protection of key core, exploiting resources appropriately.



a



b



c



d



e



f

附图 1 世界特色林柱状地质景观

(图片来源于《世界自然奇观》一书)

a—澳大利亚岩塔沙漠；b—美国大峡谷；c—土耳其格雷梅国家公园；

d—美国布赖斯峡谷；e—越南下龙湾海上峰林；

f—美国魔鬼塔



a



b



c



d



c



f

附图2 国内典型林柱状地质景观

a—云南路南石林；b—武陵源石英砂岩峰林；c—重庆万盛石林；
d—西藏扎达士林；e—元谋士林；f—陆良彩色沙林