

文章编号: 1001- 4810(2000)03- 0260- 08

喀斯特的内涵的发展及喀斯特生态环境保护

李玉辉

(云南大学生态学与地植物研究所,昆明 650091)

摘 要: 喀斯特的内容是发展的。而这种发展,从表述地表表象特征、地方名称,到学术名词、分支学科名称以及代表一种生态环境状况都在经典喀斯特地区的景观变化史中得到了体现。喀斯特含义的发展可分为四个阶段,即 18 世纪以前作为地方名称和地理术语、19 至 20 世纪初的代表一类地貌形态与发育过程、20 世纪上半叶至 70 年代的人地关系的认识和 20 世纪 60 年代以来将岩溶列为脆弱环境。喀斯特地区的环境与发展问题是源于人类需求与喀斯特资源系统的协调与冲突。喀斯特环境与发展问题可分为农林牧发展阶段、传统工业发展阶段和现代工业和城市群阶段三大类。经典喀斯特地区的历史表明,喀斯特的环境问题是可解决的,但需要一定的时间和条件。

关键词: 喀斯特;经典喀斯特地区;意大利阿尔卑斯前缘山地;环境保护

中图分类号: P642. 25

文献标识码: A

人类对喀斯特(karst)的理解是逐步深入的。喀斯特既可理解为可溶性岩石的溶解(破坏),形成独特的(地貌)形态特征、专门的孔(洞)穴类型以及专门的水文地质环境,具有动态变化属性^[1],又可指那种具有高效的喀斯特剥蚀(溶蚀)、以大气降水的地下排泄为主、脆弱性显著的地区^[2]。两种理解分别强调地貌学和生态学的含义,但无论那种定义,都具有致力于将过程、现象和机制集于一体的努力。喀斯特已从原来的地理名词(区域名称)变为既是一个自然科学的名词,也是一类学科的集合名称,同时还是一个生态环境状态的表述。这个过程经历了上百年的历史和研究的深入。

1 喀斯特的初始含义

喀斯特一词源于经典喀斯特地区(Classic Karst Area):斯洛文尼亚(Slovenia)和意大利东北部边界一带的 Istria 区到 Ljubljana 区。这个地区有不同的称呼:Kras(斯洛文尼亚人)、Carso(意大利人)、Karst(德语国家人) Kras 较流行。意大利的蒂里亚斯特(Trieste)属于其中的一部分。约 200 年前,此地是地形崎岖、石灰岩露头面上交错出现凹槽与尖锐突起、沟谷、洼

基金项目:国家留学基金、云南省应用基础研究基金资助:99D0004R

作者简介:李玉辉(1957-),男,博士生,从事喀斯特环境研究,发表文章多篇。

收稿日期:2000-03-20

©1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

地等遍布的碳酸盐岩裸露区。住在附近的人就把这个地区就称为喀斯特。这是用此地的地表表象特征称呼这个地区, karst 由此而成为一个地理名称(地区名称)。1781年, B. Hacquet^[2]把 Kras 解释为地区名称或是一种石质、类似于阿拉伯地区的沙漠景观的名称; 1830年, F. Hohenwarth^[2]用脚注形式解释了 Kras 为石质、无水、无林地面特征, 并广泛分布在整个 Dinaric 地区(亚得里亚海东沿岸)。因此, 这种地面特征决定了喀斯特的最初含义: 石质、无水、无林、地表崎岖。1818年在斯洛文尼亚的 Postojna 地区发现大溶洞; 在 Trebiciano 进行了深谷探险, 以及其它更深的溶洞的发掘, 使得喀斯特又包含了溶洞和地下水系统的内容。尔后, 德语人士将 karst 带入自然科学, 19世纪末或 20世纪初喀斯特具有了学科地位。这与巴尔干半岛的大开发相联系(Zotl, 1957)^[1]。当时, 在巴尔干半岛的大片喀斯特土地上需要进行农耕、修建公路、铁路连接港口(Trieste 港口等), 既要满足农业需要, 也要解决公路、铁路等建设上碰到的工程、水资源问题等。在 19世纪 70年代, E. Tietze 受奥地利政府的委托, 对这个地区进行了研究, 第一次把这个地区称为喀斯特层(karst formation, 1873)^[1], 并作出了地质学解释, 讨论了其构造、地层、红土、石灰岩、白云岩的溶蚀、工程处理, 以及与温度、降水和泉水流量的关系。南斯拉夫学者 J. Cvijic(1882)完成了其博士论文: “论喀斯特现象”。其后, 他在著名地貌学家 A. Penck(A. 彭克)主持的地理文集上发表喀斯特研究专著(1893)。这部著作第一次系统研究了溶痕、小型溶蚀洼地或斗淋、喀斯特河和喀斯特谷、溶蚀盆地, 以及亚得里亚海沿岸的喀斯特分布。1900年他又出版了西波斯尼亚(Bosnia)和黑卓高维拉(Herzogoviana)的喀斯特盆地的研究成果; 1926出版地貌学, 系统地研究潜水面、喀斯特泉、渗流、地下河等, 并把石灰岩地貌的形态分成三类喀斯特: 完全喀斯特(holokarst)、半喀斯特(merokarst)和过渡喀斯特(transition karst)。至此, 喀斯特研究的经典内容和学科特点基本确定。

2 喀斯特内涵的发展

喀斯特原意的形成与经典喀斯特地区特殊的人文历史相关。长期自然过程所形成的喀斯特湿润落叶阔叶林生态系统, 经两千年的人文干扰转变为一种近荒漠景观, 再经过上百年的努力恢复, 森林景观再现, 森林面积从 20世纪初的不到 20% 恢复到 20世纪 80年代末的 40% 以上^[2]。这反映了人类文化观念的变化。经过人文再干扰, 一些地方的森林可恢复, 而另一些地方再无森林。经典喀斯特地区人为的无林无水石质荒漠景观经过为有计划地植树形成的森林景观赋予了喀斯特概念的新含义。

20世纪 60年代以来的喀斯特研究使喀斯特的内涵发生了进一步的变化。其中对喀斯特生态系统的认识具有决定性的意义, 不仅考虑其自然属性, 而且把人文干扰列入影响其演化的重要因素中。在美国, 60年代到 70年代的喀斯特地区的系统水文地质调查, 出版了环境地质图系列, 揭示了喀斯特的环境脆弱性, 其成果既作为流域治理开发的基础性参考, 也作为环境运动的先导, 在美国及世界产生了广泛影响^[1]。1983年 5月在美国底特律召开的美国科学促进会(AAAS)第 149届年会上, 正式把喀斯特环境和沙漠边缘地区一样列为脆弱的环境, 即一旦遭到破坏就很难恢复的环境^[3]。1984年, 成立了人类对喀斯特影响的专门研究组(国际地理联合会, 在巴黎)^[4]; 1988成立了喀斯特地区环境变化研究组(国际地理联合会, 在悉尼)^[5]; 1990年实施了国际地科联和联合国教科文组织支持的国际地质相关计划(IGCP) 299项目: 地质、气候、水文与岩溶, 以及国际地圈—生物圈计划(IGBP)中的全球变化研究计划中喀斯特项目等。这些国际合作研究揭示了喀斯特生态系统的基本特性表现为多孔、易干旱, 其脆弱和容

量特点类似于荒漠边缘^[6]。由于在不同的气候和地质条件下的石灰岩溶解性的差异性,人类的居住和开发石灰岩地区从来都是困难的^[7]。这样具有自毁性的系统需要人类对自然环境进行再投资,才能长期维护它的平衡^[8]。这是对喀斯特的进一步定义。

3 喀斯特生态系统基本特征的认识

在喀斯特生态系统中,水是最具有活力而又最复杂的动力因子。雨水等水源可在喀斯特地表形成径流和其它水体。这些地表水,经过地表各种下渗通道,进入各种孔、溶隙转换成地下水,通过溶蚀或开拓其流通通道或使地下裂隙管道网络变化,使其储存、活动范围沿可溶性岩石分布,并可超越地表分水岭和局部降水周期频率的局限。喀斯特地区的地表附近含水层分别称之为浅层喀斯特含水层或石林含水层。往深部,则有由溶蚀裂隙构造形成的管道式通道暗河和地下湖式的储水层。喀斯特地区具有这样的双层水动力系统。地表含水层取决于地被覆盖(植被和土壤层等)和基岩的孔隙裂隙密度与类型;地下储水层则受基岩、裂隙系统、管道系统控制,严格受隔水层和潜水面深度影响。地质因素决定了喀斯特水的分布运动和储存。“没有全面研究喀斯特地质学(地层、构造和沉积环境等)和全面的地质学知识,不可能完成任何定量的研究。喀斯特系统是如此多变和复杂,没有详尽地对控制喀斯特系统水的补给和排放的地质因素基础的解释,定量的水文结果的解释,将会招致灾难。”^[1]这是喀斯特系统的第一性因子。喀斯特水的双层结构会造成地表缺水而地下含水丰富的情景。这也是喀斯特找水、保护水困难的原因。水在喀斯特系统中的基本作用是溶蚀。水的溶蚀创造出丰富多彩的地形,富含溶解碳酸盐成分的喀斯特水转入地下,又可在适宜的地方再沉积,形成特有的地下、地表流石和滴石,使得喀斯特地区具有无可比拟的美学吸引力。喀斯特水的溶蚀与沉淀受地球气候变化影响,是大气圈 CO_2 的‘汇’与‘源’。喀斯特地形与沉积物记录了地球变化的丰富信息。喀斯特流石和滴石成为与海洋、湖泊和黄土具有等价的第四纪气候变化的研究价值^[9,10]。喀斯特聚落区地基稳定性受潜水位影响。地下储水空间和储水量的变化,无论这种变化来自人类还是自然,都会给地面带来各种工程灾难^[11]。水的溶蚀也是喀斯特土壤和植被的基本控制因素。

喀斯特土壤的基本特性是形成难与易流失。与非碳酸盐岩类岩石相比,碳酸盐岩的成土速率慢 20 多倍^[3]。在贵州高原,形成 1cm 厚的土壤需要溶蚀掉 25cm 以上的原岩。全球各地碳酸盐岩地区的溶蚀率每千年几毫米至 300mm。这种溶蚀既是土壤形成的动力,同时也是土壤流失的重要原因。溶蚀形成各种喀斯特地貌,扩大孔穴、裂隙,为土壤或其它残留物提供流失通道。这又增加了土壤保存的难度,造成在同样的条件下喀斯特土壤层厚度比非碳酸盐岩类岩石土壤层薄、分布面积小,而且具有富钙、营养成分不高的土壤成分特点。土层薄又使水及所含污染物的过滤时间较短,从而又使喀斯特的自净能力较差。更严重的是喀斯特土壤的形成难保存紧密地与易溶蚀相连,即使在其它母岩形成的土壤属‘正常侵蚀’的情况下,喀斯特土壤也会成为严重的水土流失区^[12]。这是喀斯特系统自毁性的典型表现。但自毁性又可通过植被的形成来减弱:增加林冠、腐殖层,减少水土(岩)接触面,降低雨速和下渗流,减少溶蚀总量,增加蒸腾,并创造动物生存环境。

大多数喀斯特地区有形成森林的可能,而且具有显著的地方性特点,并伴有独特的动物群落,成为全球生物多样性的地区。如,马达加斯加的并割(Tsingy)自然保护区和马来西亚的穆努(Mulu)山等。喀斯特地区植被大多具有喜钙、旱生和石生性特点^[3,13]。虽然喀斯特地区有形成土壤顶级植被或气候顶级植被的可能^[14],但因喀斯特土壤发生的困难和水分层的埋

深,对植被的发生和保护具有特别的限制。不少喀斯特地区的植被从裂隙处发生,通过发达的根系吸收深部水分^[15];而在低洼季节集水地(洼地或斗淋、喀斯特盆地等),又难以生长乔木林,只能有季节性草本群落。植被(自然或人为)消失后,自毁性复活,植被再生困难。

4 喀斯特保护——经典喀斯特地区环境史的启示

喀斯特系统在其演化过程中,不仅产生了上述自然状态的生态系统基本特性,而且形成了对人类有利的丰富的资源:洞穴、形态丰富独特的地貌、矿产与能源、地下水与地热、森林和土壤等。这些资源的开发利用哺育了人类,创造了灿烂的文化,同时也给喀斯特系统带来了前所未有的变化,威胁到人类的存续和生活质量的提高和保持。从全球的差异和文化的多元性,以及经典喀斯特地区的生态系统历史看,喀斯特的环境问题是普遍和长期的:历史上有,现在有,将来也会有;发展中国家(地区)有,发达国家(地区)也会有。经典喀斯特地区的生态景观变化大致经历了如下几个历史阶段,即:

(1) 自旧石器起,这里的森林开始变化,到 19 世纪,森林基本消失。这个长达数千年的森林变化阶段,称之为“砍伐森林时代”^[2]。这里第一次的定居高潮是 Illian 人居住。他们牧羊为主,砍伐、焚烧森林,扩大牧场,使得落叶阔叶林区出现了第一次大面积的森林损失。地被的改变,造成小气候出现:风势加强,吹走落叶腐叶,尖锐石质露头出现,水土流失加重。这种现象产生的原因在 20 世纪 50 年代被发现:“荒芜的喀斯特是过度开耕喀斯特土地的结果。这件事延续了几千年,至今还没有停止。”(B. Gusic, 1957, P48)^[2]。该区的溶蚀细沟测量证实了他们的发生年代是始于 3000~3500 年前^[16]。从中世纪到 19 世纪,这里盛行牧羊。特殊的亚地中海气候使这里成为冬夏两季的良好牧场。羊种有绵羊和山羊,冬天汇集了本地和外地(北边、高山区)的羊群,夏天则把羊群赶到北边的喀斯特高原牧场。这在 80 年代仍可见到这种现象。牧羊是这里非森林的主要原因:牺牲森林换取牧场。其它原因有家庭取暖用薪材、出售木材、防盗和防野生动物的木栏用材、战争、烧木炭、生产松香、开辟新耕地等。这个强烈的农耕放牧时代使森林几乎全部消失或仅呈稀疏牧场林,牧场占居全部土地的一半以上。

(2) 奶牛饲养,固定式牧场扩展。这发生在 19 世纪中叶。从饲养羊群到饲养牛群的转变是源于蒂里亚斯特(Trieste)港口的扩大,居民对牛奶和奶酪的巨大需求。饲养牛群的最大变化是从游牧转到定居式的牧养。这时需要成片的、便于用大镰刀收割牛草和储备牛草的草场。这就要清除草地中的突出石块。清除的石块或作围墙或作石堆或填于浅坑漏斗或做建筑材料。

(3) 战争破坏。以第一次世界大战为代表(1914-1917)。意大利与奥地利边境(交战前线),炸弹炸掉了所有的石块露头,留下大量的弹坑和战壕等,地表植被基本消失。

(4) 有计划的人工植树造林。砍伐森林造成的危害早在 12 世纪就为 Kras 居住者所意识。蒂里亚斯特镇在 1150 年通过法律法规保护森林,以解决日益减少的室内加热、家庭薪材的木材供应问题。在 18 世纪下叶通过了更多的规章,如 1771 通过适用于 Carniola Duchy 的森林法规,1778 年通过适用于威尼斯古国 Istriade 森林法规。但真正使经典喀斯特地区森林恢复有效的行动是 19 世纪中叶在裸露的喀斯特上开始的有计划地植树造林。此时除了法规外,还成立了植树社团组织。如 1851 年的 Kras 植树会;1881 年 Carniola 海岸一带的植树会。同时,这些地区根据法规成立专门的委员会,试验树种,指导植树造林,在一个地区选定了 3 万 ha 的裸露喀斯特地进行长期的研究和野外推广试验工作。经过数年的试验,掌握了植物选种、植树技术和人工林的保护。这个项目得到了欧洲国家的林业部门和多国专家的支持和响应。但植树

造林真正成功的原因是该地土地利用的调整,使依赖农作的人口减少,聚落集中,零星孤立居住地减少,薪炭能源逐步被取代。蒂里亚斯特港、城市和周遍城镇的大发展为土地种植业转移出多余的劳动力了提供可能和机会。在 20 世纪 80 年代,该区以种植业为主的农户不到人口的 1/10。南斯拉夫从 1953 年禁止放养山羊。这对森林恢复贡献巨大。在植树中,选择那些能自我播种,扩展森林地的树种(如 *pinus niggra*),并在相当的土地面积上实施,也是森林化成功的重要原因。此外,除了在规划的裸地上的植树造林外,在丢弃的羊草场和牛草场地上,也重新出现大量的落叶阔叶灌丛和树林。现场考察,这里的树木年龄大多在 60 年以下。二次大战后,这里逐步成为著名的大众旅游地,蒂里亚斯特港、海滨、森林地和喀斯特的地表地下景观等成为重要的旅游吸引物。旅游业的发展使这里的森林恢复和保护森林有了产业保证和支持。

经典喀斯特地区附近的意大利北部的白云石阿尔卑斯山 (Dolomiti Alps)及其阿尔卑斯前缘山地 (Fore-Alps)的喀斯特地区,也经历了类似的环境变化(表 1)。

表 1 不同时期人类对意大利阿尔卑斯山前缘喀斯特山地生态环境的影响^[7]
Tab. 1 The characteristics of impact of human being on the ecologic environment
of karst mountainous terrain in the Alps foreland, Italy

时 段	景观证据	环境后果
1)史前——早期放牧和耕植(新石器—铁器时代)	来自考古学和沉积学研究,石塞遗迹	山毛榉森林稀疏化,水土流失
2)传统的森林砍伐薪炭能源时期(罗马、中世纪和现代)	山坡上的木炭窑遗迹;拔除树根后流下的凹坑	继续砍伐山毛榉森林,水土流失,小气候和水循环平衡遭到破坏
3)传统的农业时期(中世纪到现代)	土地分块,清除石块露头,建筑物和动物遗迹	森林清除区面积扩大,水土流失,小气候和水循环平衡遭到破坏
4)第一次世界大战——边界战争(1915—1919)	公路、隧道、战壕以及遍地的炸弹坑	战场上的林地全部破坏,水土流失,喀斯特水遭污染(重金属污染)
5)现代专业农场和轻工业(1960—现代)	大面积分布有工厂式农场和工厂、仓库	喀斯特水污染(有机质、农药污染),液体废物堆积处的大气污染,边缘地开始植树造林
6)现代旅游业(1950—现在)	度假别墅、度假楼等,滑雪胜地、停车场、便捷公路	固体和液体废物增加,水消费量增加,垃圾造成景观退化,土体扰动

在这块人为的荒漠石灰岩山地上,重新出现大面积的人工草场和林地,这个转变得益于传统的资源利用方式的改变。现在这里既是意大利著名的四季旅游地,也是意大利北部的畜牧产品生产基地。该区周边的中小城市群发达,城市间距离大多在几十公里,这些城市群是意大利著名的经济发达区。这又使北部喀斯特旅游区有了重要而可靠的客源(还有来自欧洲北部国家的客源,如德国),同时也为喀斯特地区发展适宜的高效、高质、高产的农牧产业提供了消费群,为喀斯特山地居民提供就业机会。意大利的度假习俗和政府规定,也为旅游业兴旺提供了保证。旅游业促进了森林草地等景观的恢复与保护,但也产生了新的问题——旅游污染和畜牧业污染。

经典喀斯特地区及附近地区的景观及其变化,既奠定了喀斯特的经典含义和学科特点,同时也展现了喀斯特新的内容和人地协调途径和方向,提出了喀斯特研究的新问题。

经典喀斯特地区生态景观变化的历史证明,喀斯特环境问题是可解决的,但需要时间和

条件。综合不同时期、不同地区的历史,喀斯特的历史环境问题主要表现为如下三个方面:

(1) 农林牧发展的喀斯特环境问题:追求喀斯特的经济价值,开发耕地、砍伐森林和开辟草场。可分为两种形态:第一,人口数量较少,粗放经营,刀耕火种,砍伐森林,水土虽有流失但喀斯特的土壤植被系统仍处于可自然恢复限度内,局部地区有人地协调的资源利用方式,如菲律宾部分的热带喀斯特区的传统水稻农业;第二,现代发展中国家(地区)或发达国家的近代发展时期:人口巨增,产业结构和资源利用方式、生活习惯与喀斯特生态系统相矛盾,森林急剧减少,水土流失严重,生物多样性损失,各种农业和生活污染产生,水资源匮乏,喀斯特生态系统“自毁性”受到外界刺激,容量极限突破,地面结构破坏严重,并向地下转移。

(2) 传统工业阶段的喀斯特环境问题:追求经济价值,改变地表地下结构。问题源于喀斯特的矿产资源的利用(采石场、矿业作业场)和水资源的过度开采,工程灾害、各种污染等。不仅造成喀斯特地面覆盖物的变化,而且造成喀斯特地下结构层的破坏。

(3) 现代工业和城市群阶段的喀斯特环境问题:追求喀斯特的科学、生态、美学价值与经济价值的统一,并且把一些特殊的喀斯特地区列入自然保护区、国家公园和世界遗产地,喀斯特地区的土地粗放耕作减少,观光休闲业增强,退耕还林,退牧还林,适宜耕地区牧区的单位土地产出提高;但由于人口增加,水资源的量与质问题突出,生活类污染与旅游类污染问题加重,使喀斯特景观质量也不断退化。

喀斯特环境问题本身也是一个动态发展的,这源于人类对喀斯特系统多重价值在不同发展阶段的不同需求(图 1)。人的介入使喀斯特系统具有从前未有的致变因子,成为人们所说的“社会—自然系统”^[17]或“社会—经济—自然复合生态系统”^[18]。这是对喀斯特认识上的最重要的发展。人对喀斯特系统的需求是人类文化观的反映。人类对喀斯特的住所、水、土地、森林、矿产、风景等的需求,从本质上看是人类不同时期的价值观与喀斯特价值体系的协调与冲突,它表现在喀斯特的科学的、生态的、美学的、经济价值的全面体现与否。这些多种价值的协同体现构成了喀斯特系统的保护与环境恢复的统一策略。建立世界遗产地和各国各地区建立的自然保护、国家公园对此作了一些努力,遗产地“构筑了一条现代人与未来人的一条桥梁”^[19]。它把人们的经济要求体现在科学的、生态的、美学的价值存在与维护上,通过经济上的收益而确保其它价值的实现。这种策略正在得到扩大和加强。

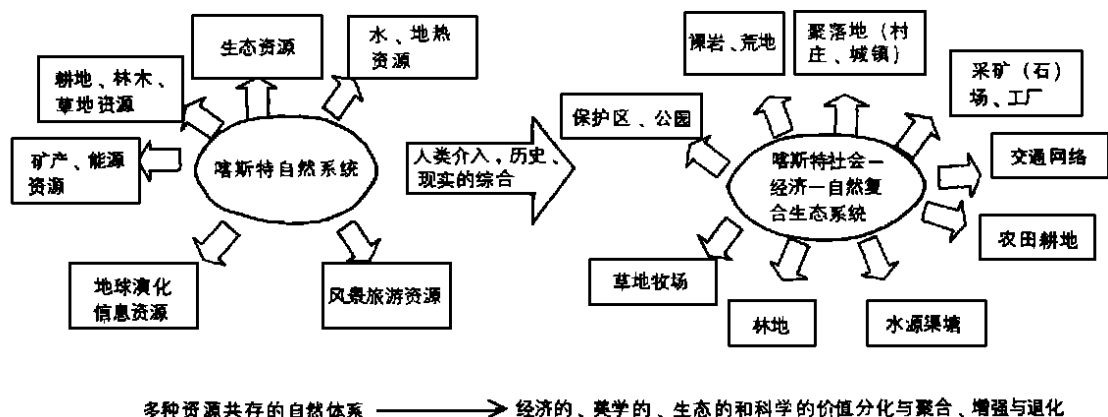


图 1 喀斯特系统的资源构成与因人类的介入引起的变化

Fig. 1 Formation of the resources in karst system and the changes caused by human exploitation

中国与大多数发展中国家或地区一样,面临着喀斯特环境与发展问题。其问题具有上述各个阶段的综合。如何借鉴经典喀斯特地区的经验,创造一种跨越式、有利于喀斯特的多重价值实现的资源利用保护方式,需要本土性和创造性相结合的革新思维,既需要喀斯特本区的,也需要更大区域的区域经济结构和城镇体系调整和建设,但更重要的是我们的人口素质的提高:不仅要有喀斯特地区的环境意识,更重要的是要有因地制宜地发展有利于喀斯特多种价值协调和环境修复的产业的能力。

致 谢: 本文得到导师杨一光教授的指导,宋林华先生提出了宝贵意见,意大利 Padova 大学 U. Sauro 教授指导在意大利的野外考察和提供了资料。作者对他们表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] Lamoreaux, Philip E. History of karst hydrogeological studies[A]. In: Proceedings of the international conference on environmental changes in karst areas[C]. edited by Sauro U. et al, University of Padova, 1991.
- [2] Gams I. The origin of the term karst in the time of transition of karst (kras) from deforestation to forestation[A]. In: Proceedings of the international conference on environmental changes in karst areas[C]. edited by Sauro U. et al, University of Padova, 1991: 1–8.
- [3] 袁道先,蔡桂鸿.岩溶环境学[M].重庆:重庆出版社,1988:28–29,49–51.
- [4] Gams I. Foreword[A]. In: Karst and Man, Proceedings of International symposium on Human influence in Karst[C]. edited by Gams I, Postojna Yugoslavia, Ljubljana, 1987: 5–6.
- [5] Finlayson B& Sauro U. International Co-operation in Research on Karst Environments[A]. In: Sauro U. et al (eds), Proceedings of the international conference on Environmental Changes in Karst Areas[C]. University of Padova, 1991: 231–239.
- [6] Yuan Daoxian, Karst environmental systems[A]. Proceedings of the international geographical Union Study Group, Man's Impact on Karst[C]. 1989: 149–163.
- [7] Sauro U. Human impact upon the Karst land of Venetian Fore-Alps, Italy[J]. Environmental Geology, 1993, 23(1): 115–121.
- [8] Crouch D P. Karst as Basis of Greek Urbanization[A]. In: Proceedings of the international conference on environmental changes in karst areas[C]. edited by U. Sauro et al, University of Padova, 1991.
- [9] Lauritzen S E. Natural Environmental. Change in Karst[A]. The Quaternary Record, in Karst Terrains Environmental Changes and Human Impact[C]. edited by Pawl W. Williams, Catena 25, 1993.
- [10] 袁道先,李彬,刘再华.中国岩溶[A].袁道先,谢云鹤主编.岩溶与人类生存、环境、资源和灾害[C].桂林:广西师范大学出版社,1996:1–11.
- [11] 袁道先.中国岩溶学[M].北京:地质出版社,1993:129–147.
- [12] 柴宗新.试论广西岩溶区的土壤侵蚀[J].山地研究,1989,7(4): 255–260.
- [13] 侯学煜.中国主要植被类型的化学特征和各植被区植被化学地理[A].植被生态学研究编辑委员会编.植被生态学研究——纪念著名生态学家侯学煜教授[C].北京:科学出版社,1994:409–451.
- [14] 金振洲.滇中高原昆明玉溪湖盆地区的植被特征[J].云南大学学报(自然科学版),1988,10(37): 1–12.
- [15] 邓自强.论植物活动对热带喀斯特发育的影响——弄岗自然保护区为例[J].中国岩溶,1982,1(1): 49–57.
- [16] Gams I. Depth of Rillenkarren as a measure of deforestation age[J]. Studia Carsologica, 1980, Vol 2: 13–18.
- [17] Bennet J W. The Ecological transition cultural anthropology and Human adaptation[M]. Pergamon Press, 1976, 22.
- [18] 马世俊,王如松.社会经济自然复合生态系统[J].生态学报,1984,4(1): 1–9.
- [19] Nicod J, Julian M & Anthony E. A historical review of man-karst relationships: miscellaneous use of karst and their impacts[J]. Review of Geogr. Ital, 1996, (103): 289–338.

THE EVOLUTION OF IMPLICATION OF KARST AND ITS ENVIRONMENTAL PROTECTION

LI Yu-hui

(*Ecology and Geobotanic Institute of Yunnan University, Kunming 650091, China*)

Abstract The implication of karst is evolutive, which develops from decription of surface appearances of a region, geographical names, scientific terms, being a branch of discipline, finally to expression of an eco-environment related to human exploitation, represented in classical karst areas. The four development stages of the implication of karst can be divided into (1) before the 18th century karst is a geograhpicl name representing the presenting stony, waterless and forestless landscapes like a desert, and this is its original meaning. (2) from the 19th century to the early 20th century, karst is a type of scientific term which reflects a type of superficial and underground topography and a developing process. Karst also began to become a branch of geo-sciences, and the traditional contents of karst study began to appear. (3) From the first 50 years of the 20th century to the 1970's special man-land relations were recognized. (4) since the 1960's, the nature of karst ecosystem has been further studied, intrinsic mechanisms of special ecosystem have been found out, and karst has also been used as a name expressing vulnerable and self-destructive ecosystems. Karst system which we live in and care for is a social, economic and natural system. This idea is the most important in the karst implications and provides a theoretical base and some practical examples for karst environmental caring. The problems of environment and development in karst areas come from the compatibility or conflict between human needs and karst resource systems. The environmental problems in karst area can be divided into three kinds periods of delveopment of agriculture, forestry and animal husbandry; periods related to development of traditional industry and periods of development of modern industry and city groups. All of these problems are dynamic. The realization of karst environment caring depends on the human ability to make natural karst systems into a social-economic-natural system in which the multi-values, aesthetic, economic, ecological and scientific karst systems are rationally used. The history of classical karst landscapes is an explaiming.

Key words Karst; Classical karst area; Alps foreland of Italy; Environmental protection