

荒溪近自然管理的景观生态学基础^{*}

——欧洲阿尔卑斯山地荒溪管理研究述评

高甲荣¹ 肖 斌^{2 * *}

(1 北京林业大学水土保持学院 北京 100083 2 西北林学院 陕西杨陵 712100)

提 要 荒溪生态系统是流域研究和管理的基本单元。基于阿尔卑斯山区近 20 年荒溪近自然管理的研究成果,简要地介绍了荒溪近自然管理的概念、研究进展和实际应用,分析了荒溪与其周围景观的相互作用特点,并对荒溪在景观中的输送功能、生活空间功能和自净化功能以及在流域管理中的应用进行了评价和探讨。

关键词 荒溪流域 近自然管理 景观生态学

分类法 《中图法》S 157.1 **文献标识码** A

荒溪流域管理(Torrent catchment basin management)及其众多的同义词如流域管理(Watershed management)、流域治理(Watershed control)、荒溪治理(Torrent control)、集水区经营(Catchment basin management)、山区水土保持等已成为山地生态系统管理中的惯用语^[1~7]。这些概念包含了不同的思想、观点、方案和实践,原因是它们尚无统一的科学定义,因而其涵义具有一定的延伸性。但它们有一个基本出发点,就是为了保护人类的生存空间,减轻或避免自然灾害对人类及其生产活动造成的损失,充分发挥水土资源的生态效益、经济效益和社会效益,以流域为单元,在全面规划的基础上,合理安排农、林、牧、副各业用地,因地制宜地布设综合经营管理措施,对水土资源进行保护、改良和合理利用^[1~3]。

荒溪在山地生态系统中由于地理位置的特殊性和功能的多样性以及对环境反映的灵敏性历来为自然保护、经济发展规划、自然灾害防治等领域研究者所重视^[3~10]。我国山地面积占国土总面积的 2/3,全国山区水土流失面积达 179 万 km²。山区流域土地由于长期不合理的耕垦与滥伐森林,导致土壤侵蚀严重、自然灾害频繁、地力衰退、生物多样性减少、生态环境恶化等。系统地了解、认识和管理荒溪生态系统是解决以上问题的关键环节,同时对我国山地流域管理和持续发展将具有重要的指导意义。

1 荒溪近自然管理的产生与发展

荒溪(Torrent)是指土石山区流域面积< 10 km²(或< 25 km²)具有常流水或季节性流水的沟道^[1,2,11~19]。荒溪治理工程(Torrent control engineering)就是以荒溪流域(Torrent catchment basin)为单元的治理工程,其目标在于保护荒溪流域中人类的生存空间,减轻或避免荒溪灾害(Torrent disaster)所造成的损失^[2,7,11]。阿尔卑斯山区开展荒溪治理工程已有一百多年的历史,过去的荒溪治理工程的主要任务是减轻或避免荒溪灾害对人类及其生产活动造成的损失;而当今荒溪治理工程所追求的另一个重要目标,就是荒溪景观与其周围环境的和谐,即通过荒溪治理工程所形成的新景观符合人类与自然并存的要求。这一趋向源于欧洲阿尔卑斯山区国家的河道及山地整治,用以恢复植被,改善生态环境,后为荒溪治理部门所应用,并发展为现在的近自然治理(Near natural control)或称之为近自然管理(Near

* 中奥科技合作项目(编号: V. A. 22); 国家教委留学回国人员科研启动基金资助项目。

* * 承蒙北京林业大学王礼先、解明曙教授的指导和帮助,在此谨致谢意。

收稿日期: 1998—09—19; 改回日期: 1998—11—09。

natural management^[7, 17, 18])。

荒溪生态系统(Torrent ecosystem)与人类的相互关系是从人类介入荒溪流域从事生产活动开始的。最早的荒溪生态系统属于原始型,自然力在系统中起着支配和主导作用,人类活动仅是系统的附属物,人类对荒溪流域的自然资源利用具有盲目性,荒溪景观表现为轻度人为活动干扰的自然景观。随着生产力水平的提高及人类在荒溪流域中生产活动的增加,人类的影响逐渐占主导地位,其生产活动导致对自然资源的掠夺性利用。在十九世纪中期,工业资本在欧洲兴起并迅速得以发展,大规模地砍伐森林,采矿修路,架设电线,使阿尔卑斯山区的自然资源急剧减少,植被遭受严重破坏,生态环境恶化,山洪、泥石流、雪崩等各种山地灾害大规模发生,山地生态系统处于恶性循环之中^[19]。迫于自然资源减少和生态环境恶化的双重压力,许多阿尔卑斯山区国家如法国、奥地利等接受惨痛教训,相继于1846 a~1884 a间制定了森林法及水资源利用法,积极开展与各种山地灾害作斗争,荒溪治理工程措施也随之出现并在欧洲得以广泛应用,荒溪景观也随之发生巨大的变化而表现为人为活动严重干扰的人工景观^[20]。

在进行了百余年荒溪治理工程之后,荒溪灾害发生的规模和频数均得以有效地遏制,植被得以恢复,生产力得以迅速发展。随着外来移民的大量迁入和旅游人数的急剧增加,传统工程治理的弊端逐渐引起人们的重视,要求回归大自然的呼声有增长之势。更重要的是经过工程治理后的荒溪流域,其生物种类和数量大大减少,生物多样性大大降低,人类生存和发展的生态环境不断恶化^[17]。如何最大限度地利用荒溪流域的自然资源,预防荒溪灾害造成的巨大损失,维护人类与荒溪的和谐,提高生物生境多样性,有效地保护自然荒溪景观与充分发挥荒溪景观多方面的功能被提到议事日程上来,人类力图在一定的人工干扰下创造一种接近自然的荒溪景观,从而在欧洲发展了荒溪治理的新体系——近自然治理体系。社会经济发展为近自然治理的产生与发展奠定了物质基础,而景观生态学理论的发展和应用则为近自然治理的发展提供了理论依据和指导^[15~17]。

流域治理的实质是景观的养护和管理^[3]。近自然治理是荒溪治理的一个高级目标,要求在功能上不仅能减轻或避免荒溪灾害给人类所造成的损失,而且要有效地保护自然荒溪景观,提高生物生境多样性,维护荒溪生态系统的动态平衡和相对稳定。在各种流域管理方案的制定中,要求考虑具体流域的自然、社会和经济条件,选择合适的工程方案,确保荒溪流域在自然发展所允许的偏离幅度条件下能够兼顾其双重功能。

“近自然治理”是根据景观生态学原理,结合具体流域地质、地貌、水文、植被及区域社会经济条件,按照自然荒溪流域的发生发展规律实施的一种多功能的工程措施,兼备工程措施和生物措施的优点,既具有防护荒溪灾害,保护和合理利用荒溪流域自然资源的特点,又具有提高景观多样性,维护人类与自然环境和谐性的特征^[3, 7, 9, 11]。实施“近自然治理”的目标不单纯是为了防治荒溪灾害、获取经济效益,而是依据自然规律充分发挥荒溪生态系统的物质生产、环境和生态效益。

2 荒溪与周围景观之间的相互作用

荒溪是由许多小等级溪流组成的一个连续流动、完整而且具有动态特征的生态系统。荒溪与其周围景观之间存在有多种相互作用关系。

2.1 水文学作用(Hydrologic effect)

降落在流域中的雨水,通常渗入土壤后形成径流而汇入荒溪,是河道最主要的水源。流域的形状、土壤特性及植被状况对洪水形成起着举足轻重的作用。尤其是在沟道形成地下水,从而形成长流水或季节性流水。由于人为活动的干扰而使溪床下切、地下水位下降,一方面使河岸植被减少,另一方面使河溪时常干枯,破坏了荒溪水流的连续性。

2.2 气候作用(Climatic effect)

荒溪由于其较大的水面对周围气温起着重要的调节作用。荒溪气候主要受河岸植被的影响,其机

理在于截留白天太阳入射光以及夜间流失的长波辐射,进而引起荒溪水流温度及周围温度和大气湿度的变化^[1]。此外,由于荒溪水面蒸发量大,大气湿度高,能促成荒溪周围雾的形成。

2.3 化学作用(Chemical effect)

流域的地质构造影响荒溪水流的矿化程度。流域大量使用化肥或植物保护剂,将影响荒溪的水质,尤能使杂草滋生而导致水体呈褐色和富营养化,污染水体并影响邻近系统中其它生物的生活环境。

2.4 生物学作用(Biological effect)

荒溪是许多动物的“饮水源地”。有些动物生活在河溪水中,如以食鱼为生的水獭和众多取食水生生物的水生鸟类等。此外,荒溪是许多有机体迁移的通道,一般依水流作用方向分为顺流向的被动迁移和逆向的主动迁移。例如,有些水生昆虫,成虫逆水流方向飞翔,幼虫则附着于漂浮物顺水流实现迁移和繁殖,从而起到平衡作用^[4,11]。河溪植被、洪水淹没区植被及山坡下部植被都与河溪水体有着密切的关系。这些作用主要表现为河岸植被遮荫,水流下切侵蚀和河岸淘蚀,散布于河溪的树叶、树枝、树干和木质物,以及河溪植被的发展变化(植被的时空演替)等,从而影响到邻近景观的变化。

3 荒溪在景观中的基本功能及应用评价

3.1 输送功能(Transport function)

荒溪是流域生态系统中最基本的单元,由源头集水区、流经各个等级河溪,最后汇入较大的河流,形成一个连续流动、独特而完整的生态系统。在结构上,由水网组成的景观贯穿于整个山地,与人体的血液系统相类似;在功能上,由各级河溪组成的水系网络,与人体肾脏的排水作用相似。沿着河溪可以输送水、固体物质、有机物质如叶片、树枝、木质物、植物残体、动物和动物尸体,以及可溶性物质(水体中贮存有热量、有机物中贮存有化学能)。

Bretschko(1990)阐述了由荒溪输送有机能流的重要性。“有机物质是所有生态过程的媒介,对能量流动有着极为重要的意义”^[21],在生态系统中,一般可分为两种能流。在绝大多数情况下,直接利用太阳能是生态系统的能量基础。生态系统中的植物把太阳能直接转化为生物化学能并合成有机物质,许多消费者如动物、微生物和一部分异养植物都是依赖这些有机物质生长和生活。Ellenberg(1986)把这种系统称之为“完整系统”。另外一种系统为“不完整系统”,即系统的有机物质和能量直接来自于相邻的生态系统^[22]。小的荒溪可视为典型的代表,大多数山地河溪的能量和有机物质来自相邻系统所产生的枯枝落叶、地表(下)水输入中附带的各种养分,河溪自身的初级生产力很低,仅限于附着在泥沙沉积物表面的藻类及少量的水生植物。

从生态系统观点来看,各个低级与中高级河溪相连构成一个连续系统。这一连续系统不仅构成了地理空间上的连续性,而且更主要的是形成了生态系统中生物过程及其物理环境的连续性。由于河溪属于异营养化型系统,其系统中的养分、能量来自相邻陆地生态系统生产的有机物质。河岸植被及其相邻系统长期向河溪水流中输入大量的枯枝落叶、果实和溶解性养分等漂移有机物质,成为河溪中异养生物食物和能量的主要来源,并直接影响着荒溪生态系统的生产力。

从景观生态学的观点来看,河溪是景观中的重要廊道,动、植物可以沿河上下运动和迁移。同时,景观中由源区至下游河口通过各级河溪连成一个完整的连续系统,便于系统中水、养分、沉积物、残余有机物碎片和动植物等在景观中的分布和迁移。这不仅包括随河水而进行的各种移动,而且包括河溪中的横向移动,如养分和其它各种物质向河道两侧山坡的输送等。

由于荒溪与周围环境之间的相互作用十分复杂,为了维持系统较长时间连续性,必须保证荒溪水体拥有较大的抗逆性。常常可以通过创造丰富的生境多样性及物种多样性达到这一目的。在水系的较低级别荒溪中,整个荒溪系统呈镶嵌状以保证系统的连续性;而在较大水系级中,则通过荒溪及其河岸区域相对丰富的生境多样性实现这一目标。水域面积和生境的多寡限定了植物的繁殖的可能性,也影响

到河溪系统的连续性和稳定性。为了超越这一界限,荒溪不仅通过三维空间,而且通过时间维适应性变化来完成这一目标^[23]。荒溪结构是生境多样性的基础。在荒溪系统中有高度的时间动态性,就是说,荒溪在一定时期产生、消亡,然后又重新出现。在这样一个长期存在的生境中,多数情况下仅有个别物种以大的个体数量长期存在,其它物种试图占据这一生境并进行激烈的竞争,但往往很快消失或仅能保留一小部分。另外一种情况是一种新的、尚无任何物种占据的生境,由于这一状况适合于大多数物种,常常许多物种迅速迁移、定居,共同生长至某一种或某些种不适应生境而衰退或消亡。荒溪生态系统的实际状况远比这一描述复杂,但是可以说物种多样性随着生境中群落年龄的增加而降低。如果一个生态系统能产生许多新的生境,那么物种多样性就如同自然水域一样必然会得到提高。

3.2 生活空间功能(Living space function)

荒溪(平缓的或陡峭的)类型直接影响了流域中各种生物的生活空间。目前,对荒溪生活空间的研究主要集中于有分支或弯曲的、坡降比较小的荒溪,对陡峭河溪的生活空间功能研究尚少。但是按照荒溪结构与生活空间的相关原理可以将这一规律有条件地应用于陡峭的荒溪系统。

水体的时间动态性贯穿于整个荒溪的演化发展之中。水体属于当今古老和稳定的系统,其中储藏着丰富的基因和古老的物种。动物群落不仅可以生活在沉积物表面,而且也能生长于河床沉积物下层。其在沉积物中生活的深度取决于沉积物的种类、沉积物中有机物种类和含量、通气性等。在阿尔卑斯山的花岗岩地区,河床下冲积物厚度一般约 0.5 m。在这一范围 $> 0.1\text{ mm}$ 的动物密度可达 $10\text{ 万}/\text{m}^3$ ^[24]。相反,在生境较差的河床冲积层,密度会呈幂函数降低。就大多数生活在河溪中的水生动物而言,由于冲积层可以减小洪水冲刷和温度变化而成为其避难场所。据观测,冲积层深度 $20\text{ cm} \sim 30\text{ cm}$ 之间间隙水温一般不低于 $3\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$,可能基于这个原因,许多动物都在这一空间范围越冬。

由于对光照的依赖性,植物常常生长于沉积物的表面,而输入系统的有机物质也附着于沉积物的表面。例如,一片树叶掉在水体中,是这一复杂生产过程的开端。叶片摄取充足的水分,其上附着许多溶解性的有机物如糖分、淀粉等,经过动物、微生物的利用、分解过程,最后为动、植物吸收利用或溶于水中被输送到下一级河溪。有机物质的分解过程需要较长的时间,取决于水域的蓄流能力。河岸结构、弯曲、季节性水道、以及由树枝和树干等木质物构成的水流阻碍物等决定了河溪蓄流区域。河溪首先捕获水面漂移的树叶和其它小的植物残体等,逐渐使河溪的水力学特性发生变化,从而形成泥沙沉积区和侵蚀区。这将提高河溪弯曲的可能性,同时也促进了河溪系统中新的生境的形成^[23~29]。

如前所述,物种多样性的基础是荒溪系统中的地貌多样性。由于地貌多样性而在河溪系统中形成了不同的溪流流速、不同的河床物质、不同的空气输入量,从而构成了各种各样的生境。Winkler(1984)把荒溪宽度和最大水深作为衡量荒溪地貌多样性的标准^[18],并对自然河溪、近自然河溪以及硬工程治理河溪的生物多样性进行了调查分析(见表 1)。Oichten 河通过近自然治理后动物种类由原来的 44 种增加到 133 种,Meik 流域在治理前的 1987 年每百米河段鱼类个体数量 150 个,生物量 19kg,此二值在治理后的 1990 年分别为每百米河段 410 个和 55kg^[10]。人工治理对生物多样性的影响可以从以上研究结果中看出。通过近自然治理不仅提高了河溪中鱼群的个体数量,同时也使鱼群的生物量明显增加。

3.3 自净化功能(Self-cleaning function)

荒溪的净化能力在某种程度上是与生境多样性相联系的。巨大的地貌多样性促使生境多样性和生物多样性的形成。在自然荒溪中,由于所有生态位为各种动植物和微生物占据,从而产生强烈的过滤、调节以及有机物分解作用。陆地生态系统常常向溪流中输入大量的有机物和无机物如枯枝、落叶、树干、动植物残体、泥沙等,从而影响到水流中泥沙含量、化学物质浓度等及其时空分布。Statzner(1983)说明了物种多样性对河溪净化能力的影响^[22]。一方面,由于河岸茂盛的植被具有强大的缓冲、过滤和调节作用,另一方面,溪流中丰富的生物种类和数量能够吸收、分解、利用相邻系统的输入物质,减小其含量,改变其状态,从而达到改善和提高溪水质量。

在 Schliersee 河, 经过调查研究共鉴定出鱼类 15 种, 无脊椎动物 300 种。河溪中数量巨大的无脊椎动物, 其生产力和净化力是巨大的。在调查河溪中, 无脊椎动物个体数量达 10 万个/ m², 生物量 2. 5 t/ hm²[18]。Breschka (1990) 在 Kalk 河的调查也有类似的结果, 河溪中各种

有机体的数量达到 10 万个/ m², 生物量为 2. 5 t/ hm² [21]。对于水体中动植物的净化功能来说, 首先是被矿化的那一部分具有非常重要的意义。据计算, 自然溪流每年对有机物质的摄取量为 16. 7 t/ hm², 折算氧气生产量为 2. 6 t/ hm²。如果一个正常人每日对氧气的需求量为 60 g, 则 1 hm² 自然河溪水面可以满足 164 个人对生化氧气的需要[22]。Weinmeister (1990) 对近自然治理后荒溪的净化效应与城市生活用水的净化费用作了比较研究, 结果表明, 1 hm² 自然溪流水面积的净化能力可折算为 us \$6 840 ~ 23 200[17]。

表 1 不同荒溪中的鱼种数量、密度和生物量^[18]

Tab. 1 Number, density and biomass of fish species in difference torrent type			
河溪类型 toffen type	种类数 number of species	密度(个/ hm ²) density	生物量(kg/ hm ²) biomass
硬工程治理荒溪 controlled torrent	5	2064. 6	21. 7
近自然治理荒溪 near natural torrent	7	3074. 8	122. 8
自然荒溪 natural torrent	16	6340. 7	356. 9

参 考 文 献

- 1 王礼先. 关于荒溪分类, 北京林学院学报, 1982, 4(3): 94~106
- 2 王礼先主编. 水土保持学, 北京: 中国林业出版社, 1995. 394~434
- 3 王礼先. 流域管理的可持续发展准则, 见: 王礼先, K. N. Brooks 主编, 长江中上游水土保持与环境保护, 中国林业出版社, 1995. 19~24
- 4 Binde, W., P. Juering and J. Karl Naturnaher Wasserbau-Merkmale und Grenzen. *Garten und Landschaft* 1983. 93 (2): 91~94
- 5 Gregor, S. V., Lamberti, G. A., Moore, K. M. S. Influence of valley floor landforms on stream ecosystems. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. 1989. 3~8
- 6 Ministerium fuer Umwelt Baden-Wuerttemberg: Hochwasserschutz und Oekologie, *Stuttgart*, 1988. 1~27
- 7 Weinmeister, H. W. Wildbachverbauung aus landschaftoekologischer Sicht. *Forstzeitung*. 1991. 23~27
- 8 傅伯杰, 陈利顶. 景观多样性的类型及其生态意义. *地理学报*, 1996, 51 (5): 545~462
- 9 肖笃宁, 钟林生. 景观分类与评价的生态学原则. *应用生态学报*, 1998, 9(2): 217~211
- 10 Jungwirth, M. Fließgewässerlimnologische und fischöekologische Probleme. *Landschaftswasserbau*, 1992. 13: 13~28.
- 11 Lang, G. und K. Lecher Gewässerregulierung und Gewässerpflege. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 1993. 39~64
- 12 Patzner, A., Herbst, W., Stueber, E. Methode einer öekologischen und landschaftlichen Bewertung von Fließgewässern. *Natur und Landschaft*, 1985. 60: 445~448
- 13 Stazner, B. Öekologie gleich Öekonomie am Beispiel heimischer Bäche. *Umschau*, 1983, 12: 368~373
- 14 Werth, W. Öekomorphologische Gewässerbeurteilung in Oberösterreich. *Oesterr. Wasserwirtschaft*, 1987, 39: 122~128
- 15 Troll, C. Die geographische Landschaft und ihre Erforschung, *Studium Generale*, 1950. 165~168
- 16 Waibel, L. Was verstehen wir unter Landschaftskunde? *Geographischer Anzeiger* 1933, 34: 197~207.
- 17 Weinmeister, H. W. Öekonomie und Öekologie im Schutzwasserbau. *Interpraevent Graz*. Bd. 1988. 4. 339~376.
- 18 Wirkler, H. und M. Jungwirth. Die Bedeutung der Flussbettstruktur fuer Fischgemeinschaften. *OeWW*, 1983. 35(9)

- 10): 229 ~ 234
- 19 高甲荣. 阿尔卑斯山区的危险区划. 山地研究, 1998, 16(3): 252 ~ 256
- 20 Bundesministerium fuer Land und Forstwirtschaft 100 Jahre Wildbachverbauung in Oesterreich 1884 ~ 1984, Wien
- 21 Breschko, G. Hydrologische Zustandsfaktoren ihre Veraenderungen durch Aus- und Rueckbauten. *Landschaftswasserbau*, 1990. 1 ~ 10, TU-Wien
- 22 Ellenberg H. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Ulmer Verlag Stuttgart. 1986
- 23 Arbeitsgemeinschaft Fließgewässer. Vergleich der oekologische Qualitaet einer begradigte und einer macandrierenden Strecken am Dichtenbach (Salzburg), *Natur und Landschaft*, 1989. 65(11): 517 ~ 523
- 24 Bayerische Landesamt fuer Wasserwirtschaft. Oekologische begruendete Sanierungskonzepte kleiner Fließgewässer, Heft 1996. 26: 3 ~ 82
- 25 Bess R. Untersuchungen zum Einfluss von gewaesserbaulichen Massnahmen auf die Fischfauna in Mittelgebirgsbaechen. *Natur und Landschaft*, 1981, 56: 7 ~ 8

作者简介 见《山地研究》(现名《山地学报》)1998, 16(3): 256.

PRINCIPLES OF LANDSCAPE ECOLOGY IN NEAR NATURAL TORRENT MANAGEMENT

GAO Jia rong¹ XIAO Bin²

(¹ Beijing Forestry University, Beijing 100083,

²Northwest Forestry University, Shaanxi, Yangling 712100)

Abstract Torrent ecosystem is a basic unit for watershed management and watershed research. Based on the research literatures from Alps region in last 20 years, this paper introduced the concept, development and application of the near natural torrent management. The relations between torrent and their near landscape are analyzed. The transport function, living space function, self cleaning function of torrent in the landscape and their application in watershed management is assessment and discussed.

Key words Torrent, torrent catchment basin, near natural torrent management, watershed management, landscape ecology