

热带林的持续利用与地球环境

龙习才 编译

1 热带林的现状

热带林是可再生的自然资源,但其急剧地减少和退化,将会给地球环境造成重大影响。地球上现存的森林面积大约 45 亿公顷,其中 43% 分布在最冷月 18℃ 以上的热带地区。热带林随旱季、雨季的长短变化可分为热带雨林、热带季节林、热带高草原、热带半沙漠等,还可根据树林疏密分为热带封闭林和热带稀疏林。热带雨林约占 11 亿公顷。从面积规模来看,热带雨林在整个森林系统中占有重要的位置。据测算,地球上的植物现存量为 1837×10^9 吨,其中热带雨林和热带季节林占 1042×10^9 吨,且生产量最高,为 40×10^9 吨/年。

联合国粮农组织(FAO)的调查资料表明,热带雨林每年大约减少 1700 万公顷。以中南美洲减少最快,约 830 万公顷(表 1)。热带雨林年消失速度快的国家依次是:巴西(500 万公顷),印度尼西亚(120 万公顷),缅甸(80 万公顷),墨西哥(70 万公顷)。热带雨林消失的主要原因是森林采伐后的林地被转作他用。每年大约有 730 万公顷的林地被耕地化、草原化和种植园化。干旱热带地区每年因农业或薪炭用材砍伐减少、退化的林地面积大约有 380 万公顷。即使作为森林立档的热带雨林,每年被择伐、次生林化、退化的也大约有 440 万公顷。

尽管如此,作为发展中国家来说,主要出口产品仍以天然物产为多,特别是有热带雨林分布的国家,森林成了最重要的资源。天然林随着采伐利用被沦为移动烧垦或者生草放牧(图 1,

25%(得克萨斯州),谷物增产 12.5%(密苏里州),大豆增产 13%(伊利诺斯州),小麦 17%(伊利诺斯州)。在美国坡度为 7% 的土地上,轮作种植的棉花产量增加 30%,侵蚀成本降低一半。在大风地区,建立树和灌木防护林带可降低风能 87%,从而可减少侵蚀 50%。

8 结 论

每年投资 64 亿美元(每公顷 40 美元),以使美国大多数农田土壤侵蚀速率从 17 吨/公顷·年降低到可持续的速率约 1 吨/公顷·年。为减轻草场上的侵蚀,美国每年还要花费 20 亿美元(每公顷 5 美元)。美国侵蚀控制的总投资每年约为 84 亿美元。考虑到侵蚀造成的破坏每年达 440 亿美元,84 亿美元的投资似乎是一个很小的代价:因为每投资 1 美元,就会节省 5.24 美元,这一小部分投资可以使美国农业土壤流失减少 40 亿吨,并保证我们现在和将来的食物供应。

目前,美国每年资源保护计划投资 17 亿美元,使高度侵蚀的土地休闲,这样每年就保住了大约 5.84 亿吨的土壤。因而,这个系统中每投资 2.91 美元就保住了 1 吨土壤。

当把土壤流失和退化的经济损失及间接后果保守地估算成农业分析的成本/效益比时,在有效控制广泛侵蚀的项目中投资,从经济意义上是合理的。人类的生存和繁荣依赖于充足的食物、土地、水、能源和生物多样性的供给,贫瘠劣质的土地将难以生产足够的食物去满足日益增长的世界人口的需要。我们应留心罗斯福总统的忠告:破坏土地的民族将毁灭它自己。

译自《Science》,1995,267

略)。保存有热带林的地区大多属于发展中国家,人口增长率高。到 2000 年,预计世界人口将增至 63.5 亿,而发展中国家就将占到 50.3 亿,较 1990 年增长 1.23 倍,并且人口向城市密集,成为这些国家城市环境和社会秩序不稳定的因素。人口的迅速增长,粮食生产和住宅建设等面临着严重挑战。吃、住需求量的增加,促使土地利用的加速转换。这就是我们常说的“人口压”。

表 1 FAO1990 年森林调查的热带林现状 (单位:100 万公顷)

生态区划	1990 年的森林面积				1981—1990 年平均消失面积和消失率(%)			
	亚洲	非洲	美洲	热带合计	亚洲	非洲	美洲	热带合计
热带多雨林	152.1	102.0	401.4	655.5	2.0(1.2)	0.4(0.4)	2.5(0.6)	4.9(0.7)
湿润季节林	38.1	303.0	285.3	626.4	0.6(1.4)	2.6(0.8)	4.1(1.3)	7.3(1.1)
干燥季节林	40.6	118.0	54.3	212.9	0.5(1.0)	1.2(0.9)	0.4(0.8)	2.1(0.9)
干燥林	0.1	37.3	2.1	39.5	ε	0.2(0.6)	ε	0.2(0.6)
沙漠地带	0.1	ε	2.4	2.5	ε	ε	0.1(2.0)	0.1 ε
山地林	44.0	39.7	94.4	178.1	0.5(1.1)	0.6(1.2)	1.2(1.1)	2.3(1.1)
合计	275.0	600.0	839.9	1714.9	3.6(1.2)	5.0(0.8)	8.3(0.9)	16.9(0.9)

注:1)森林是指树冠在地上的投影面积至少达到 10% 以上的树林。“森林消失”是指使树冠的投影面积变到 10% 以下的土地利用,不包括由封闭林变为稀疏林的“退化”数值。

2)ε 表示少得几乎见不到。

在该人口压下,由于各个国家的社会经济背景不同,因而热带林减少的原因随国家和地区存在大的差异,按通常所分的亚洲、非洲、拉丁美洲各具特点。

非洲,因日常生活用能源不足而主要依靠薪炭材。热带林作为薪炭材采伐后,土地转作农耕地的多,即使让其再生,也难以恢复成森林。

亚洲的人口压非常大。印度尼西亚等的移居政策,促使从事移动烧垦耕作的人越来越多。新的移居族并不采用传统的移动烧垦方式(轮换周期长,待森林再生后再度进行烧垦),而是从眼前利益出发的短期行为,或是往森林深处延伸,加速了土地的荒废和森林消失。

拉丁美洲,大致可以称得上北美洲的肉库,是牛肉盛产地。人们将大片大片的热带林砍伐、焚烧,转换成牧草地利用。森林呈加速性减少。加上过度放牧,土地越发退化。尽管这些地区的热带林减少的主要原因存在差异,但总的来看,主要原因仍然是以森林采伐为契机的移动烧垦等农业经营(表 2)。热带林的土地转换利用造成荒废面积的不断扩大(拉丁美洲约占 38%,非洲约占 57%)。在人口压增加中,热带林的土地利用转换在加快。由于不注重再生,热带林在减少、退化。然而,森林资源不仅在世界经济方面举足轻重,而且对地球环境关系深刻。森林的持续利用开发成了亟待解决的重要课题。

表 2 不同热带森林的土地利用转换率(1980—1985)(%)

	美洲	非洲	亚洲
耕地	20	16	41
草地	17	-19	-1
移动耕作	25	46	49
荒废地	38	57	11

出处:FAO(1987),FAO(1982)。
注:亚洲、非洲交汇处的森林草地呈任意性集约土地利用,大量转换成农地,故用负号表示。

2 热带林的利用开发

亚洲热带雨林以有用龙脑香科树为优势种的森林多。龙脑香科树种等达到利用径级标准的有用个体数不多,因而,作为木材利用只能择伐。如马来西亚采用的“马来亚统一系统”(简称 MUS)法,就是将胸高直径 45cm 以上的树采伐、搬运、锯切,将受伤树、未利用树(直径 15cm 以上)用亚砷酸致枯,5—7 年后调查更新状况,确定合适的造林方案的方法。但该方法天然更新差,目前改用“选择管理系统”法,即为了提高天然更新,对保留树木进行标记,减少采伐量的所谓 MUS 改良法。采伐周期为 25—40 年。

文莱国使用 MUS 改良法,将龙脑香科林中胸高直径 48.5cm 以上(其余树种 58.2cm 以上)的树采伐后锯切,干枯。30 年后再度采伐,剔除外观特征差的个体,够利用径级的个体如果达到每公顷 30 株,便大约采伐 20 株,其中被搬运出的约 10 株左右,剩下的因外观不好等原因而放置山中。据实地考察,胸高直径 10cm 以上的个体(杂树)每公顷有 206 株,即使龙脑香科树种也有 111 株,采伐其中 22 株(19.8%),保留下来的健全树 23 株(20.7%),受伤、枯死树 66 株(59.4%)。在采伐过程中,树的机械损伤率是很高的,达到 60%,而且有相当部分的母树和幼龄树受到损伤。

采伐树的搬运,在履带拖拉机上系上钢绳,拴住树干,通过便道将树拖到集材场。采伐的树多为直径约 50cm 以上。干高超过 50m 的大树。集材拖拉机道宽 5m 左右,道路面积每公顷地大约要占去 26%。道路的土壤表层被剥离,受到重型机构和沉重原木的强烈压实。分水岭和凸形地带,尽管拖拉机在堆积的有机物上行走,也同样被压实。加上多雨影响,几个月内,土壤就有变成潜育状的。沿道路坡面亦有土壤侵蚀发生。

土壤表层侵蚀,促进了有机物的分解和养分流失。这样的土壤变化特征,随着择伐施工,林区大范围内普遍存在。集材通道的土壤变化尤为显著。从地表的平均变化来看,有机物堆积厚的地方,虽然变化没有那样强烈,但 A 层减少,土壤硬度增加,透水性下降。随着土壤容重的增加,粗孔隙减少,细孔隙增多,有机物加速分解和流失。结果,致使采伐前后的土壤全碳量由 3.9% 下降到 2.8%,全氮量由 0.21% 下降到 0.16%。经表层土壤释放或流失的碳量高达 19.16 吨/公顷。这样的平均土壤变化,最剧烈的也是集材通道。不过,这种随着择伐而产生的土壤搅乱,以后随着植被的恢复,土壤恢复可以得到促进。

关于植被恢复过程和林地被焚烧后草原化的变化状态调查事例很少。据秘鲁亚马孙森林植物和土壤养分蓄积变化情况来看,氮、磷、钾等,经过一定时期发育的次生林,蓄积量可以得到恢复。与火焚后形成的草原相比,采伐 3 年后的次生林,养分蓄积非常高,而草原的养分蓄积量随着草原老化而减少。

天然林被择伐后,立地环境显著恶化,森林结构发生改变。如果放任不管,便会出现次生演替。热带林的次生演替,遵循天然林随着采伐、焚烧等遭到破坏,林地转换成耕地、放牧地或者种植园,地力和产量下降而被放弃,植物群落由次生植被所置换,随着时间推移,早期种类老化枯死,伐出的空间被藤蔓及蕨类等植物一次性占领,经过长期间,逐渐置换成生长慢的树木,再生成稳定的极相林的演替过程。不过,因重度焚烧和长期放牧,过度耕作等导致土壤不可逆退化,为特定种类的植物提供了有利的竞争条件,此时演替方向发生改变,形成劣质次生林。

例如,婆罗洲岛的热带雨林择伐后的次生演替,在被伐出的空间,除野牡丹、马缨丹、血桐等早期植物种类外,节节菜、大戟、茜草等蕨类、攀援植物侵入,与择伐剩下的龙脑香科树等高大乔木混杂在一起,呈现非常复杂的多层次热带密林景观。移动烧垦的迹地和被放弃的普通旱作迹地的次生演替过程,随焚烧的次数、耕作强度或者立地环境变化的程度不同而异。在东南亚,一般以白茅、羊齿或者木质藤本等多为演替初期的植被。种植园被放弃后的次生演替,与烧垦迹地的演替不同点,就是残留有多年生作物,演替初期是既存木本植物与早期种的竞争,很快便有攀援类植物和其他先遣种侵入,形成极不规则的原始化森林结构。

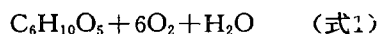
目前处于这种次生演替阶段的次生林,在世界上广泛扩大,在天然林恢复遥遥无期的情况下,随着人类活动加剧进一步退化的荒废林相到处可见。为了保持这种次生林的天然林生态要素,以热带林再生最引人注目。次生林的抚育与繁茂,是热带林再生的重大课题。

3 热带林生态系统与地球暖化

诚然,森林具有水土保持机能,森林的破坏和林地向其他土地利用形态转换会导致土壤退化。森林的采伐,一方面加速堆积有机物、土壤有机质的分解和土壤板结,一方面引起土壤侵蚀和养分流失,地力和土壤渗透性及持水机能下降,从而使地球环境受到影响。在热带林减少、退化的泰国,土壤中的盐分随着水分蒸发而集积于地表,引起土壤退化和沙漠化发生。据推算,此类沙漠化现象,全世界每年大约以 600 万公顷的速度推进。其次,在湿润热带,降雨强度大,造成水土流失和下游泥砂淤积。在孟加拉国,每年大约有 24 亿吨的泥砂流入,引起洪水泛滥。这样的土壤侵蚀,以放牧地最为强烈。森林生态系统稳定的土壤侵蚀少。热带林生态系统包含了目前已知动、植物种类数的 50%。但是,包括未知生物种类在内的动、植物,预计到 2000 年至少有 25—80 万种灭绝。仅热带亚洲,预计灭绝的动、植物种类将达到 12.9—43.0 万种。可以想像,遗传资源也将随之减少。现在没有利用的遗传资源,也许将来能成为抗癌物质、天然杀虫剂等,在医学、农业、工业等各个领域发挥重要作用。随着人口增长和经济发展,林产品需求量相应增加,植物资源被大量消费,木材产业用材、薪炭材及其他林产品供给机制下降。进一步,随着森林的采伐、焚烧和林地的转换利用,二氧化碳、甲烷、一氧化二氮加速释放。森林的减少和退化,对二氧化碳的吸收、固定能力下降,给地球暖化带来直接影响。

地球环境问题,与热带森林生态系统的物质循环有着密切的关系。植物通过光合作用(式 1)生产 1kg 的干物质大约需要吸收 1.6kg 二氧化碳,放出 1.2kg 的氧气,碳素固定量约 0.4kg。

$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 677.2\text{KCal} \cdots \cdots$



不过,从马来西亚和巴西地区热带雨林的碳循环情况来看,作为总生产量,森林生态系统从大气中吸收的碳素量为 47.9 吨/公顷·年,随着呼吸和有机物分解,释放到大气中的碳素量为 47.3 吨/公顷·年,收支大致相等(图 2)。成熟的森林,随光合作用从大气中吸收的大部分碳素用于呼吸和枝、叶、根的更新,生长量很小。而幼年森林生长量十分旺盛,将空气中的大量碳素加以固

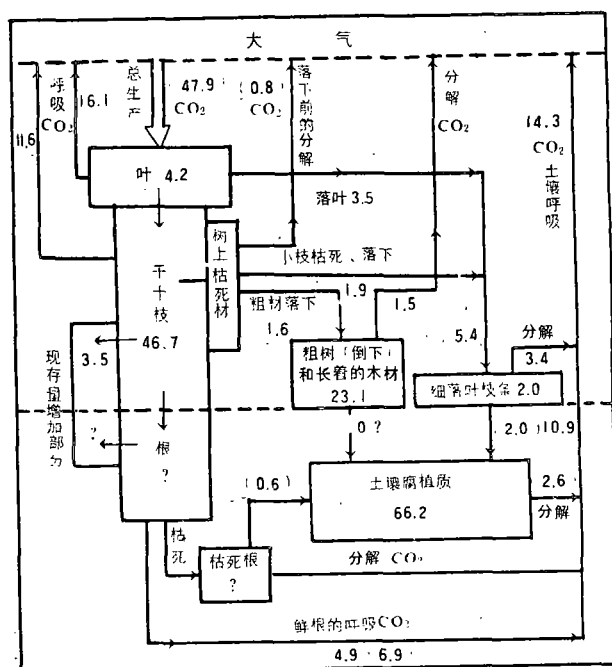


图 2 马来西亚、巴西森林保护区

热带雨林的碳循环(吉良, 1991)

注: 方框内的数字表示 C 吨/公顷, 箭头表示 C 吨/公顷·年。

定。成熟的热带森林生态系统的碳蓄积量每年可达562.5吨/公顷。热带森林生态系统的碳素和养分大部分被蓄积在植物体内。马来西亚、巴西热带雨林区,仅地上部分植物就达471.2吨/公顷。当然,热带森林生态系统中的碳素和养分的蓄积,森林土壤的作用也是十分重要的。相对于全部陆地年生产量 117.5×10^9 吨,森林年生产量是 73.9×10^9 吨,特别是热带森林年生产量 45.0×10^9 吨,现存量达到 1042×10^9 吨,约占地球上森林年生产量的61%。树林的大约50%是由碳形成的,约 825×10^9 吨的碳素以树木形态被固定下来。全年被森林固定的碳大约有 37×10^9 吨,其中,热带森林的碳固定力非常大。利用树木的二氧化碳固定虽然在长期间收支为0,但通过树木具有其资源可以再生,不给大气中造成二氧化碳负荷等优点。而且,随着森林面积的扩大,从大气中的二氧化碳的吸收,固定量增加。为减慢地球暖化的进行,随着减慢率最高的热带林减少速度50%的下降,发展中国家和地区造林约1.3亿公顷,发达国家和地区造林约0.4亿公顷的全球战略的实施,估计碳素年释放量可减少24%。另据推算,每年往大气中的碳排放量,由化石燃料产生的约55亿吨,随着森林破坏产生的约16亿吨,合计71亿吨左右。若将其全部固定,森林的纯生产量要达到177.5亿吨/年。但是,每吨森林纯生产量只能固定大气中的二氧化碳0.4吨,而平均每公顷的森林纯生产量约14吨,碳固定能力为5.5吨。作为再生森林,需要12.9亿公顷/年的庞大造林面积。然而,在热带地区,相对于每年森林减少面积1700万公顷,年间造林只不过110万公顷,仅占消失量的6.5%。

4 热带林的再生与保护

现在的地球环境问题,是随着人类活动出现的。其次,热带林的减少、退化,与地域的社会经济背景有着密切的联系。因此,仅单方面强调热带林的保存,问题还得不到彻底解决。关键是如何开展持续性林业,开展与保护热带林相协调的森林管理。所谓持续性林业,就是不向森林系统外释放温室效应气体,换句话说,就是保持生态系统内的物质循环收支平衡,不给生产基础造成不可逆的破坏。

热带次生林,残留有天然林的构成物种,土壤退化程度相对较弱,具有天然林的生态系统要素。因而,对生物种类多样性下降和气候变动的影响也较全伐迹地、草原及移动烧垦地的小,不过,有用大径树已被采伐,作为木材生产利用价值变低。从造林的度和森林的多样性价值角度考虑,择伐虽然会造成一次性的搅乱,但由于保留有天然林生态系统的要素,对次生林的恢复有利。并且,通过天然更新法和人工更新法的结合,可以促进天然更新。这种人工更新和天然更新相结合的林分改良方法叫做“森林修复法”。

首先,关于择伐后的次生林的修复。以有原生有用幼树分布的地方,或者残留有母树开花、结实的地方,或者中有中继幼树发生的地方为对象,伐除散布的次高树和矮树,以提高和促进次生林生存率与成长。据所谓“林地片状进展”法的试验结果证明,次生林的生存与生长,因树种不同而存在大的差异。例如,存床的龙脑香科幼树,一般发芽后一年内大约有90%以上的幼苗枯死率。这主要是由于林床光照不足的缘故。龙脑香科幼树在照度2000lux(相对照度约3%)即处于生死临界状态,5000lux(相对照度5%)以上开始生长。可是,热带雨林的林床照度大约只有800lux。因此,要将遮蔽了全部光线1/3左右的次高树和矮树伐除,扩大幼树的采光空间到全光照的1/2。对于零星幼树,要将其周围的次高树和矮树伐除,修复成散在次生林。该方法的优点是,由于在生有对象树种的林地进行,因而不存在立地条件问题,不会给地域环境造成大的影响,节省经费等。缺点是,随着对象树种存在生理、生态方面的局限性。

其次,以荒废次生林为对象的林分改良,各国常用的方法有“行列状栽植法”。就是将次生

林呈行列幅伐开,栽植苗木的方法。伐幅宽度本着耗资低,减少残存树的照度影响,抑制杂草、杂树繁茂等原则决定。行列朝向,赤道附近的热带地区以东西向为宜,光照条件好。

或许,与择伐出的空间比较,微气象条件等环境存在差异,但通过天然林的间隙更新可以浓密次生林。目前,文莱国推行的所谓“覆盖栽植”法,是将次生林伐成网孔状,制造人工空穴,栽上有用幼龄树的方法。空穴的大小,以边宽为次生树高的造林效果好。但伐砍效率、栽植树种、杂草杂树的抑制等问题值得进一步探讨。在无龙脑香科母树的地方栽植的幼树成活率高,生长发育快。该方法因空隙小,立地条件一样,树种选择也容易。此外,伐砍效率较行列状栽植法高,且耗资低。加上周围有森林存在,可以阻止山火蔓延。

为促进热带林再生,对立地环境荒废了的地方,通过栽植速生树种等,对退化了的土壤进行改良后,再植入本地原生树种。择伐迹地等森林退化了的次生林,进行浓密化的集约管理,对热带林的修复也是有效的。但作为发展中国家来说,提高粮食产量和经济作物的收入是件头等大事。因而,开发森林,并向农耕地转换带有必然性。热带雨林的重要性自然是不言而喻的,但不解决发展中国家和地区人民的吃饭和生活问题,森林的减少可以说是无法阻止的。开展立地评价,提高土地利用率,增加农耕地的生产力,是抑制林地向农地转换的有效措施之一。

热带林的再生与修复、植树造林等,对大气中的二氧化碳固定,缓解气候变化、保护地球环境等方面具有十分重要的作用,对扩大林产品供给,乃至对其他产业的贡献意义重大。但是,森林再生,植树造林,随面临着的环境问题、木材生产、地域经济振兴等目的不同而存在大的差异。过去,森林再生或植树造林,是以营造生产林为目的的,而如今,针对环境问题的出现,提出了所谓“环境林”的新概念。环境林,包括水源涵养林、水土保持林、生物多样性维持林、城市环境林等。生产林包括薪炭林、用材林、生物燃料(能源)林、经济林、小片林、共同体林、防风林带等。为使这样的森林再生,需要从碳素固定力、化石燃料置换率、生产成本以及对地球环境的作用等方面加以讨论。

森林并不是孤立存在的,它既与别的森林和自然生态系统之间有着物质循环,而且伴随着社会、经济、土地所有制等人类因素而成立。因而,热带林的危机,将冲击着整个人类社会。排除人为的森林破坏,对森林保护意义固然重大,但是,天然林除非不具备有经济价值,否则,森林就不会停止减少。因此,让森林再生与森林持续利用的关系成立,求得森林生态系统的平衡与协调发展,才是森林保护的最有效的途径。为此,有必要根据环境林、生产林等的利用目的,对宜林立地进行区划,实现利用与管理上的高度化,建立持续利用体系。地域的社会经济与开发,林业、农业、工业等各种产业的环境保护意识,还有,生物种类的多样性的保护,局地气象的稳定性等,都是森林保护方面所必须考虑的重要因素。可以这样说,森林保护要通过土壤保持、立地环境保持、森林生态系统保持、人类社会的进步与发展等来实现。

具体而言,作为森林保护的方法大致有:(1)制止随着人口增加的移居方式,提高居民的定居意识与活动意识;(2)提高土地生产率,通过集约性土地利用,减少对森林的人口压力,强化农业投入,抑制对森林的搅乱;(3)尽量控制森林采伐后的林地转换利用;(4)将森林采伐、木材集运对生态系统的破坏控制在最小程度,保护立地环境,促进天然更新;(5)为了提高森林的纯生产量——二氧化碳固定力,抑制树木生长所必需的土壤矿物质的流失;(6)为加强土地的有效利用,对立地进行合理区划;(7)进行高效率的植树造林;(8)充分利用小径级等未利用木材,实现木材利用的集约化;(9)加强木材以外林产品的多样化利用;(10)实行农、林业的统筹兼顾,促进居民定居化,开发适合当地情况的栖耕服务体系;(11)营造对化石燃料具有置换性的生物能源林;(12)加强纸张等纸制品的再循环利用,控制造纸业等对木材的消费;(13)提高燃

奥地利的泥石流

刘希林 译

摘要 东部阿尔卑斯山的地形、地质和水文条件决定着奥地利泥石流活动可能性的区域差异。松散固体物质(主要为高海拔地区的冰碛物)常常引起奥地利西部联邦各州的泥石流灾害。沿东南部阿尔卑斯山区降雨强度达世界记录(2小时30分降雨600—670mm)。沿北部和南部边界地区也常有日降雨量200—250mm的情形。泥石流沉积量达10万或100万 m^3 。泥石流冲积扇的地貌形态可表征流域的类型和受灾害冲击的程度。主沟地貌形态可用于计算泥石流的流速。

1 奥地利泥石流活动的地形和地质条件

奥地利东部阿尔卑斯山以其东—西走向为主要特征。在北部阿尔卑斯山区,石灰岩覆盖形成了复理层上的推复体,并一直向南覆盖在结晶带上。阿尔卑斯山中部由片岩和片麻岩组成,南部由不同的沉积岩和变质岩的推复褶皱所组成。

阿尔卑斯褶皱山体,不断由冰川和间冰期以及冰后期河流所修饰,并在冰后期经受着更多的冰碛物和风化岩体的剥蚀,从而导致主河谷和冲积扇上的沉积物不断增多。这里虽然90%的冰碛物在全新世(距今最后10000年)期间被冲蚀,但在高海拔地区剩余的冰碛物仍然在东—西向河谷两侧的众多流域中形成了潜在的沉积物。这些松散物质,部分为冰川磨圆状的漂砾和砾石,部分为很细的颗粒(粒径可小至淤泥和粘土,都已成为阿尔卑斯山区流域最危险的泥石流灾害源地,在连续降雨条件下,极易提供大量松散物质而形成灾难性泥石流。

这种主要存在于高海拔流域的松散固体物质的量,影响着泥石流的强度。这种类型的泥石流主要分布在中部阿尔卑斯山区的 Inn 河南侧,东—西向 Salzach 河两侧,Enns 河南侧和 Drau 河西部。除冰碛物外,一些风化的碎屑也成为泥石流的来源。特别在北部石灰岩阿尔卑斯山区,也包括 Graywacke 山脉,可见到大量的这种碎屑沿着坚硬的山体作为山麓堆积的地幔而存在。奥地利的山地占国土总面积的69%。只有在花岗岩山区,上奥地利州和下奥地利州才可幸免于泥石流的危害。

2 水文地理条件和植被覆盖

虽然奥地利总的来说属温和型气候,但过度的降雨也时有发生。东部阿尔卑斯山常在北海海洋性气候和南欧地中海式气候之间形成明显的界限。这种屏障的结果形成了来源于西北和西南的两大气团,使阿尔卑斯山的两侧比内陆山区每年都得到更多的降雨。沿北部阿尔卑斯山边界的降雨量达2500mm/年,在南部边界的 Carinthia 甚至有高达3000mm/年的记录。相应地,

料用材的利用效率,开发节柴炉灶具;(14)提高木材制品的耐用年限等。

参考文献

- [1]小林繁男,人类的生存与生物生产(3),《农业及园艺》(日文),1993,68(9)
- [2]小林繁男,人类的生存与生物生产(4),《农业及园艺》(日文),1993,68(10)