

# 浙江临安市水土流失现状及生态修复对策

高 智<sup>1,2</sup>, 刘志强<sup>2</sup>, 李援农<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国水电顾问集团华东勘测设计研究院有限公司, 杭州 310014)

**摘 要:**临安市由于土地利用方式不合理以及开发建设项目等原因造成水土流失严重、生态环境恶化。全市水土流失总面积为 467.7 km<sup>2</sup>, 以中度土壤侵蚀为主。水土流失主要发生在林地, 面积占水土流失总面积的 79.50%, 尤以山核桃林为主。本文在介绍临安市水土流失现状特点、危害及成因的基础上, 提出了该区进行水土保持生态修复的对策, 特别是山核桃林下水土流失防治措施, 以期促进当地经济与生态环境建设可持续发展。

**关键词:**水土流失现状; 危害; 成因; 生态修复; 发展对策; 临安市

中图分类号: S157.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2014)05-0327-05

## Soil and Water Loss Status and Ecological Restoration Countermeasures in Lin'an City, Zhejiang Province

GAO Zhi<sup>1</sup>, LIU Zhi-qiang<sup>2</sup>, LI Yuan-nong<sup>1</sup>

(1. Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Hydrochina Huadong Engineering Corporation Ltd., Hangzhou 310014, China)

**Abstract:** Unreasonable land use and construction project development have caused severe soil erosion and the ecological environmental deterioration in Lin'an City, Zhejiang Province. The total area of soil and water loss in the city is 467.7 km<sup>2</sup>, and the main soil erosion intensity is medium. The soil and water loss mainly occurs in woodlands, which accounts for 79.50% of the total soil and water erosion area, especially the *Carya cathayensis* forest. Status of soil and water loss, damage and the cause were introduced, and the ecological restoration countermeasures of soil and water conservation, especially soil erosion prevention measures in *Carya cathayensis* forest, were proposed in order to promote the sustainable development of local economy and eco-environment improvement.

**Key words:** soil and water loss status; damage; cause; ecological restoration; development countermeasures; Lin'an City

水土保持生态修复一词是 2000 年以后在我国出现的, 并且逐渐被人们广泛认识, 特别是得到水利部的认可而成为新时期全新的水土保持理念和措施<sup>[1-2]</sup>, 水土保持生态修复一词的出现标志着中国治理水土流失的理念有了重大突破。水土保持生态修复是具有普遍意义的生态修复的一种类型, 但也具有其独特的特征, 即水土保持生态修复概念的界定应符合中国的土壤侵蚀面积广、强度大、经济落后、人口众多等国情<sup>[3]</sup>。

水土保持生态修复的前提是要消除或改善损害

生态系统正常运行的主要障碍因子如干旱缺水和超载放牧、过量采伐、毁林毁草开荒、乱倒废土弃渣等人类不合理的经营活动<sup>[4-5]</sup>。坚持以大自然的自我恢复能力为主, 辅以必要的人工补救措施<sup>[6]</sup>, 如生态调水补水, 限额采伐, 轮封轮牧, 舍饲养畜, 退耕还林还草, 适时适地进行林草补植, 科学的管理维护制度, 适量的移民搬迁, 积极发展以电、气、煤代柴等, 其目的是快速恢复林草植被, 减轻水土流失强度, 改善生态环境, 促进生态系统良性循环和社会经济的可持续发展。水土保持生态修复指在水土流失地区, 通过一定

收稿日期: 2013-10-30

修回日期: 2013-12-03

资助项目: 水利部实施“第二批全国水土保持生态修复试点工程”(编号: 水保[2006]168 号)

作者简介: 高智(1979—), 男, 浙江杭州人, 高级工程师, 研究生, 从事水土保持及水利工程研究。E-mail: gaozhizhejiang@sina.com

通信作者: 李援农(1962—), 男, 陕西大荔人, 教授, 博士, 从事水土保持及农田灌溉技术研究。E-mail: liyuannong@nwsuaf.edu.cn

的人工辅助措施,促使自然界本身固有的再生能力得以最大限度地发挥,促进植被的持续生长发育和发展演替,保护和改善受损生态系统的结构和功能,加快速水土流失防治步伐,建立和维系与自然条件相适应、与经济社会可持续发展相协调、相对稳定并良性发展的生态系统<sup>[7-8]</sup>。

本文研究区临安市由于土地利用方式不合理以及开发建设项目等原因造成的水土流失严重,生态环境趋于恶化,影响了当地社会经济发展。因此在分析临安市水土流失现状、危害以及成因的基础上,本文将针对性地提出临安市水土保持生态修复的发展对策,用于该地区的水土保育工作开展,促进地区自然环境与社会经济的和谐发展。

## 1 研究区概况

临安市地处浙江省西北部,辖5个街道13个乡镇298个行政村,总人口52.6万,是浙江省陆地面积最大的县级市,也是一个山多田少的山区市。地形受华夏系构造影响,自西北向东南倾斜,西北部山岭起伏连绵,向东南渐趋低缓,低山丘陵和宽谷盆地相向排列,交错分布。临安市属中纬度北亚热带季风气候,年降水量1 578 mm,受地形及季风影响,降雨时空分布不均,多以暴雨形式集中出现在春夏季节,占全年降水量的75%左右。土壤类型分布随地势变化,呈明显的垂直分布规律,以红壤土分布最广,占总面积的58.94%,主要分布在海拔650 m以下低山丘陵地区,其次为黄壤土,占20.31%,主要分布在西部和北部中低山区。植被属亚热带东部常绿阔叶林区,其垂直分布具有明显的层次性。

临安市土地资源总量较丰富,林地比重较大,而宜农耕地数量较少,呈“七山一水二分田”的格局。土地总面积3 126.8 km<sup>2</sup>,其中耕地面积297.36 km<sup>2</sup>,仅占土地总面积的9%,林地面积2 369.08 km<sup>2</sup>,占土地总面积的76.3%。土地资源突出的特点是山地面积大,平原和缓坡地面积小;土地利用上以林地为主,尤以山核桃林为主,耕地面积较小。由于常年的不合理土地利用结构,造成当地水土流失严重,生态环境有恶化的趋势,影响了当地人民的生活水平。

## 2 临安市水土流失现状及特点

### 2.1 水土流失现状

根据《浙江省临安市水土保持规划》和浙江省水土流失遥感调查结果表明,该区水土流失类型包括水力侵蚀和重力侵蚀,以水力侵蚀为主。水力侵蚀存在

于山区、丘陵岗地等,面广、量大,以面蚀为主;重力侵蚀存在于山区、丘陵地区,主要形式为滑坡、崩塌。近年来,随着开发建设项目规模的不断扩大,修路、采矿等人为活动不断造成新的水土流失,是人为水土流失的突出环节,也是该区域水土流失发展的主要趋势。山区经济发展过程中过度开发利用林木资源,也不同程度地加剧了水土流失。

该区水土流失从空间上,主要分布在山区及丘陵区的荒山、疏林地、陡坡,以及纵深较大、流水侵蚀作用剧烈的山间峡谷;从时间上,由于水土流失以水力侵蚀为主,5—6月份的梅雨期和7—9月份台风暴雨期的水土流失较为严重。

### 2.2 水土流失特点

(1) 土壤侵蚀程度主要为中度侵蚀。临安市水土流失总面积为467.7 km<sup>2</sup>,占全市土地总面积的14.97%。临安市土壤侵蚀主要以中度侵蚀为主,面积约为240.82 km<sup>2</sup>,占全市水土流失总面积的51.49%;其次为轻度侵蚀,占总面积的39.18%。极强度侵蚀和剧烈侵蚀面积较小,约为20.67 km<sup>2</sup>。

(2) 水土流失主要发生在林地,以山核桃林为主。临安市水土流失主要集中在林地,面积371.84 km<sup>2</sup>,占水土流失面积的79.50%(见表1),经过调查研究,发现临安市水土流失突出表现为以山核桃为典型代表的林下水土流失。这主要由于山核桃林种植区域地势均比较陡峭,林农在管理过程中,由于缺乏系统的技术指导,传统的管理方式占主导地位,即为了林分管理、施肥、病虫害防治及采收的方便,常将林下灌木杂草全面清除,土壤全面深翻,使得林层单一,林下地表裸露,同时为单纯追求产量,过量使用化肥、农药、造成土壤团粒结构破坏。每遇暴雨,林下冲沟密布,地表土壤大量流失,土壤侵蚀程度可达中、强度以上,年侵蚀模数为3 500~8 000 t/km<sup>2</sup>。在取得短期效益增加的同时,由于水土保持措施不到位,导致水土流失增加和土地生产力的下降,已危害到本区整个山核桃林生态群落的安全。

(3) 水土流失主要发生在陡坡,特别是25°~35°之间。表2显示了临安市不同坡度上的水土流失状况。由表2可知,临安市水土流失主要发生在15°以上的陡坡,其水土流失面积占总面积的76%以上。25°~35°之间的水土流失面积最大,约为124 km<sup>2</sup>。这主要由临安市特殊的地理条件造成的。该区西北南三面环山,丘陵和盆地交错分布,是一个山多田少的山区市。水土流失多发生在山区及丘陵区荒山、疏林地以及纵深较大、流水侵蚀作用剧烈的山间峡谷等陡坡上。

表 1 临安市不同土地利用现状水土流失状况统计

土地利用	水土流失面积/km <sup>2</sup>						比例/%
	轻度	中度	强度	极强度	剧烈	小计	
坡耕地	9.86	13.14	15.97	9.80	5.01	53.78	11.50
园地	1.28	0.59	0.06	0.02	0.00	1.95	0.42
林地	154.60	205.49	6.36	4.32	1.07	371.84	79.50
草地	9.41	10.74	0.13	0.15	0.03	20.46	4.37
裸岩	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01
其它	8.07	10.84	0.46	0.21	0.06	19.64	4.20
合计	183.23	240.82	22.98	14.50	6.17	467.70	100.00

表 2 临安市不同坡度水土流失状况统计

坡度/(°)	水土流失面积/km <sup>2</sup>						比例/%
	轻度	中度	强度	极强度	剧烈	小计	
<8	37.17	0.00	0.00	0.00	0.00	37.17	7.95
8—15	55.46	17.21	0.00	0.00	0.00	72.67	15.54
15—25	90.57	2.21	21.09	0.00	0.00	113.87	24.35
25—35	0.02	109.87	0.98	13.35	0.00	124.22	26.56
≥35	0.01	111.53	0.91	1.15	6.17	119.77	25.61
合计	183.23	240.82	22.98	14.50	6.17	467.70	100.00

3 水土流失危害及成因分析

3.1 水土流失危害

(1) 土层变薄,土壤质地变粗,坡耕地土壤肥力下降。水土流失每年带走大量的土壤颗粒、矿物质和有机质,使有限的土地资源肥力减退、土层变薄<sup>[9]</sup>。特别是对于临安市山核桃林地,林下灌木杂草全面清除,土壤全面深翻,使得林层单一,林下地表裸露,每遇暴雨,林下冲沟密布,地表土壤大量流失,土壤侵蚀程度可达中、强度以上,年侵蚀模数为 3 500~8 000 t/km<sup>2</sup>。

水土流失还导致土壤中大部分黏粒和细颗粒泥沙减少,使土壤粗化、沙化甚至砂砾化,随着地表土壤层的流失,储存在土壤中的养分也随之流失。由于南方丘陵山区表土层普遍较薄,土层减薄导致土壤质地变粗,影响农业耕作和林木生长;丘陵岗坡地上不合理的开荒和耕种导致了严重的土壤侵蚀,加剧了土地和耕地的进一步退化。

(2) 山核桃林下水土流失严重威胁地质安全,泥石流发生频繁。山核桃被临安人誉为摇钱树、金果子,不少山民每年唯一的生计就来源于此。但由于核桃树下大范围除草剂,造成地表裸露,每当山雨来袭,核桃林下便沟流纵横,坡地土壤大量流失,出现“远看绿油油,近看浊水流”的现象。据临安市水利水电局测算,临安 3.33 万 hm<sup>2</sup> 山核桃林中,有八成林地存在地质灾害隐患。因为保护层的失缺,每年山核桃林的地表土壤流失度平均高达 3 660~8 160 t/hm<sup>2</sup>。由于山核桃树根系不深,大量流失的土壤不光给山核桃自

身的生长埋下祸根,更给山区的地质安全隐患留下伏笔。据统计,临安每年山核桃林的地质灾害高达近百起,轻则尘土弥漫,重则林毁树伏,经济绝收,甚至山体滑坡,人员伤亡。结出金果子的山核桃林竟成了山区水土流失的主要策源地,坡地经济林也因此被专家喻为“绿色沙漠”。

(3) 淤积河道和水库,降低河道航运能力。临安市地形西北高、东南低,差别悬殊,在 15°坡度以上发生的水土流失面积达 350 km<sup>2</sup> 以上,水土流失导致河床抬高,库、塘、坝淤积,使水利工程蓄水功能降低,运行寿命缩短,洪涝灾害严重。水土流失不仅使洪涝灾害频繁,而且产生的泥沙与流失的氮、磷及化学农药等有机污染物,引起水库、湖泊等水体的富营养化,严重威胁到水利设施及其效益的发挥。

3.2 水土流失成因分析

从自然方面的因素来说,临安的地形地貌、降水状况、地面组成物质和植被 4 个方面的特点,使该区水土流失的发生和发展有了客观内在条件。临安市境内丘陵山地多,其面积要占总土地面积的 70%,地面坡度大,地形破碎;年降水量大,日最大降水量可达 200~250 mm,临安市的主要土壤红壤、黄壤、石灰岩土等,抗侵蚀能力差;原始植被较少,蓄水保土功能比较强的阔叶林数量少。

从人为活动这一外部条件来说,最重要的原因是临安市大面积种植山核桃林,林农在管理过程中,由于缺乏系统的技术指导,传统的管理方式占主导地位,即为了林分管理、施肥、病虫害防治及采收的方便,常将林下灌木杂草全面清除,土壤全面深翻,使得

林层单一,林下地表裸露,每逢暴雨,林下冲沟密布,地表土壤大量流失。目前,临安市水土流失面积为 $467.7\text{ km}^2$ ,山核桃林对水土流失的“贡献率”竟位居首要。其次是人口不断增长,山区田少人多,为满足“食为天”,农民就由平地种粮转向开垦坡地。70年代后,有的地方甚至出现了向陡坡要粮的错误做法。三是开发活动如采矿、修路等等,尾矿、废渣、废土等随意弃置,占用了土地,也加剧了坡地的开垦。

## 4 水土保持生态修复对策

根据以往水土保持生态修复的实践经验,结合临安市水土流失现状及特点,其水土保持生态修复措施应主要包括制定政策法规强制保障实施,人工措施加以辅助,落实责任制度加强监督管护,生态产业配套措施以及山核桃林生态工程综合整治5个部分。

### 4.1 法规政策制定和实施

(1) 政策法规。为保护和培育森林资源,促进生态修复,根据《中华人民共和国水土保持法》、《浙江省实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》,结合临安市实际情况,及时制定相关水土保持生态修复政策和管理制度;明确临安市人民政府主管部门主管生态修复工作,临安市水利水电局组织有关部门协助,乡(镇)人民政府负责具体实施。

(2) 村规民约。由村委会结合本村实际情况,在充分征求村民意见的基础上制定村民公约。村民公约中明确实行专职护林与群众护林相结合的原则;每村配备一名专职护林员,根据工作量大小和完成任务情况,对护林人员定期付给报酬;建立适宜的鼓励奖励政策,充分调动广大村民的积极性,依靠广大群众开展生态修复工程;建立适当的惩戒措施,对违反规定的行为进行教育指导,严重的要予以警告或者处罚。

### 4.2 人工辅助措施

(1) 封禁措施。封禁措施主要以封山育林为主,对具有天然下种或萌蘖能力的疏林、灌丛林地进行封禁,保护植物自然繁殖生长,并辅以人工促进手段,促使恢复形成森林或灌草植被,对低质、低效有林地、灌木林地进行封禁,并辅以人工经营改造措施,以提高林地质量。

(2) 生态移民措施。为减少或防治山区农民开垦山坡林地以增加经济收入,对部分交通不便的山区居民进行生态移民下山。村民搬迁下山后,土木结构的老宅均将拆除,相对较好的砖混结构房屋继续留用,作为护林人员以及上山劳作农民的休憩场所。房屋拆除的碎瓦片、碎土石等,结合场地平整,用于坑凹

回填等。房屋拆除迹地场地平整后覆土,并恢复成林地,栽植山核桃林等。

(3) 坡面水系治理工程。坡耕地退耕还林恢复为山核桃林后,由于山核桃树生长缓慢,并且种植密度相对较低,造成林地植被郁闭度较低,易产生坡面水土流失,同时山核桃成林后,根据山核桃林生长特点和生产需要,目前大面积山核桃林为了便于林分管理、施肥、病虫害防治及采收的方便,将林内灌木杂草全面消除,导致地表裸露,土壤侵蚀程度均在中、强度以上,为防治坡面径流冲刷,减免林下水土流失,同时满足旱季对林区浇灌的需要,在林区内辅助采取坡面水系整治措施。

(4) 补植、补播修复措施。对实施封禁措施的封山育林区,为了进一步加快植被恢复,根据林分内林隙的大小和分布特点,采用不同的补植方式。对于林隙面积较小,且分布相对均匀的低效林进行均匀补植,形成人工林与天然林镶嵌分布的混交林型。对于林隙面积较大,分布不均匀的林分进行局部补植,形成原有林分与人工栽植呈岛状镶嵌分布的复合群落结构。

### 4.3 监督管护

(1) 落实责任。建立由市政府领导,以水行政主管部门为主统一监督管理,各管理部门共同参与,各村、镇负责具体实施的管理体制,同时明确各方责任义务,签定目标管理责任状,实行年终考核,把方案实施工作作为考核各级政府政绩的内容之一;项目区各乡(镇)配备水土保持执法监督检查员,封育区重点村配备水保监督执法协查员,形成上下配套、分工明确的执法网络。

(2) 加强监督。进一步完善水土保持法律法规体系,把水土保持生态修复工作纳入法制化轨道,有针对性地制定或修改完善地方配套规范性文件;市级水土保持执法监督机构要定期巡查,常抓不懈,对群众举报的案件集中力量进行处理。

### 4.4 生态产业配套措施

(1) 生态旅游建设。临安市生态旅游业较发达,随着生态修复工程的实施,当地生态环境质量将进一步改善,生态旅游资源质量得到提高,在此基础上,可引导村民逐步转移至以生态旅游服务为核心的第三产业,从生态环境建设中直接获得经济回报,从而实现生态修复与社会经济和谐统一的发展模式。

(2) 清洁型小流域建设。生态型清洁小流域创建是水土保持的有效途径<sup>[10-13]</sup>。清洁小流域创建是传统小流域水土流失综合治理的发展和完善。在做好治理水土流失、改善农业生产条件的同时,把饮用

水源地保护、面源污染防治、人居环境改善和农民脱贫致富等有机结合起来,促进水土资源的可持续利用和生态环境的可持续维护,实现生产发展、生活富裕和生态良好的有效途径。

### 4.5 山核桃林生态工程综合整治

山核桃作为临安市主导经济林产业,其产量占全国总产量的 50%以上。但由于粗放的管理经营与落后的生产方式,加上林地特殊的地形与地势,造成临安市山核桃经济林成为该市土地利用方式中水土流失最为严重的。

山核桃林的水土保持是一项系统的工程,为综合整治临安市山核桃经济林的水土流失,促进山区经济生态可持续发展,需要根据林地地形地势与林分质量的不同而异。

(1) 科学造林。一是在营造山核桃林时,应根据立地条件,配合坡改梯、带状或块状整地等水土保持工程措施,例如淳安县的王阜乡童川村、临安市的大峡谷镇外川村等用石头在树基干部位下方垒成 1~2 m<sup>2</sup> 左右的小平台或小梯地,有条件的还可以补充客土,这样既清理了林内杂乱的小石块,便于林内作业,又能起保水、保肥、保土的作用。二是在营造的林地上,套种黑麦草、紫穗槐等绿肥植物或其它经济作物,根据“宜乔则乔,宜灌则灌,宜草则草”的原则,构建山核桃林的生态经济功能结构,通过套种的植物来调节林内水文,调理土壤结构。

(2) 生态管理。由于山核桃林的立地条件较差,土层薄,所以在除草、施肥、灌溉等管理上,要做到生态管理。一是慎用化学除草剂,多年使用除草剂的林地由于地表裸露,水土流失严重,提倡人工劈草,做到杂草还林。二是把林地就近农作物的秸秆或杂草平铺在

(上接第 326 页)

### 参考文献:

[1] 廖国莲. 大气混合层厚度的计算方法及影响因子[J]. 中山大学研究生学刊:自然科学、医学版,2005,26(4):66-73.

[2] 陆雍森. 环境评价[M]. 2 版. 上海:同济大学出版社,2002:220-242.

[3] 刘强. 大气污染物扩散中稳定度判定方法概述[J]. 干旱气象,2011,29(3):355-361.

[6] 邓奕,范绍佳. 沿海大气稳定度分类莫宁—奥布霍夫长度 L 分类标准研究[C]//新世纪气象科技创新与大气科学发展:中国气象学会 2003 年年会. 大气气溶胶及其对气候环境的影响分会论文集. 北京:气象出版社,2003:97-101.

[4] 孟庆珍,林安民. 重庆近 11 年大气混合层厚度研究[J]. 重庆环境科学,1994,16(4):12-16.

林内,既能减少降雨侵蚀,又可以腐烂堆肥,改善土壤肥力,提高土地生产力。三是修建蓄水池、截水沟、采收便道等,进行沟道整治,做到降雨就地入渗拦蓄。

### 参考文献:

[1] 赵秉栋,赵军凯,宫少燕,等. 论生态修复在水土保持生态建设中的优化作用[J]. 水土保持研究,2004,11(3):105-108.

[2] 熊英,王秋兵,黄毅,等. 浅谈水土保持生态修复及其在辽东山区的应用[J]. 水土保持研究,2006,13(2):37-38.

[3] 杨爱民,刘孝盈,李跃辉,等. 水土保持生态修复的概念、分类与技术方法[J]. 中国水土保持,2005(1):11-13.

[4] 陈明权. 水土保持生态自然修复的探讨[J]. 成都水利,2004(1):41-51.

[5] 杨子峰,于兴修,马骞. 水土保持生态修复效益评价探讨[J]. 水土保持研究,2006,13(6):175-181.

[6] 洪双族. 水土保持生态的修复需要人工的合理干预[J]. 水土保持研究,2004,11(3):802-804.

[7] 焦士兴. 关于生态修复几个相关问题的探讨[J]. 水土保持研究,2006,13(4):127-129.

[8] 陈奇伯,陈宝昆,董映成,等. 水土流失区小流域生态修复的理论与实践[J]. 水土保持研究,2004,11(1):168-170.

[9] 田卫堂,胡维银,李军,等. 我国水土流失现状和防治对策分析[J]. 水土保持研究,2008,15(4):204-209.

[10] 徐天蜀,彭世揆,岳彩荣. 山地流域治理的景观生态规划[J]. 水土保持通报,2002,22(2):52-54.

[11] 刘震. 我国水土保持小流域综合治理的回顾与展望[C]//中国水土保持探索与实践—小流域可持续发展研讨会论文集. 北京:中国水利水电出版社,2005:3-13.

[12] 胡建忠. 生态清洁型小流域建设:绿化美化、净化、产业化[J]. 中国水土保持科学,2011,9(1):104-107.

[13] 姚孝友. 关于生态型小流域水土保持设计理念的探讨[J]. 中国水土保持,2008(7):27-28.

[5] 杨勇杰,谈建国,郑友飞,等. 上海市近 15 a 大气稳定度和混合层厚度的研究[J]. 气象科学,2006,26(5):536-541.

[6] 杨静,李霞,李秦,等. 乌鲁木齐近 30 a 大气稳定度和混合层高度变化特征及与空气污染的关系[J]. 干旱区地理,2011,34(5):747-752.

[7] 张德华,李晓忠,侯祺棕. 城市大气稳定度分级模型的研究[J]. 武汉理工大学学报,2011,23(1):63-66.

[8] 范绍佳,林文实,苏雄晖,等. 理查逊数 Ri 在沿海近地层大气稳定度分类中的应用[J]. 热带气象学报,1999,15(4):370-375.

[9] 国家环保总局监督管理司. 中国环境影响评价培训教材[M]. 1 版. 北京:同济大学出版社,2000:116-117.

[10] 蔡新玲,吴素良,王繁强,等. 西安市近 10 年大气稳定度和边界层厚度特征[J]. 气象科技,2007,35(6):814-817.

[11] 陈建文,胡琳,王娟敏,等. 陕西省大气稳定度分布特征研究[J]. 水土保持研究,2013,20(3):299-304.