doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.04.031

天全县毛岗子林区柳杉抚育间伐设计

蒋 勇[1],蒋 宇[2],王 钰[3]
(1.四川省林业调查规划院,四川 成都 610081;2.广元市林业和园林管理局,四川 广元 628000;
3.四川省林业调查规划院,四川 成都 610081)

摘 要:天全县毛岗子林区的柳杉人工商品林,栽植时密度偏大,郁闭至今还未进行过抚育间伐,平均郁闭度在0.9以上。为了改变林分的生长状况,减轻林木的密度制约,提高木材的质量,现按不得低于总面积的3%,以随机抽查带状标准地的方式,调查单位面积林木的株数,以及胸径和树高等因子,确定抚育间伐的采伐量、采伐强度等技术指标,计算林木的出材量,制定抚育间伐设计方案,并对作业过程中可能出现的问题提出建议。

关键词:抚育间伐;柳杉;蓄积;标准地
中图分类号:S853.51 **文献标识码**:A **文章编号**:1003-5508(2017)04-0141-06

Tending and Thinning Design of *Cryptomeria fortunei* in Maogangzi Forest Area of Tianquan County

JIANG Yong JIANG Yu[2] WANG Yu
(Sichuan forestry exploration and design institute, Chengdu 610081, China)

Abstract: *Cryptomeria fortunei* plantations in Maogangzi forest area of Tianquan County have a relatively high planting density and not been cutted as yet. The average canopy density is up to 0.9 now. In order to improve the status of forest stand, relieve the restrict of density and inhance the timber quality, the number of trees in unit area, trunk diameter and tree height were investigated at random by belt standard plot with the area not less than 3% to determine the cutting amount and intensity by above methords, aiming to calculate the outturn, set down the scheme of intermediate cutting, and put forward advice.

Key words: Tending and Thinning, *Cryptomeria fortune*, Volume, Standard lot

抚育间伐也叫抚育采伐,是指在未成熟的林分中,为了给保留木创造良好的生长条件,而采伐部分林木的森林培育措施。它是森林抚育的主要内容,在森林经营中占重要位置,在全部森林采伐限额中抚育间伐占50%以上,可见其重要程度。因此抚育间伐的优劣是营林生产的重要指标,也是森林经营成败的关键。一般来讲,抚育间伐的类型主要包括透光伐、除伐、疏伐和生长伐,但无论哪种类型的抚育间伐,都是以抚育为主,采伐为辅。通过抚育间伐,应该达到以下目的:降低林分密度,改善林木生长条件;促进林木生长,缩短林木培育期;清除劣质林木,提高林木质量;实现早期利用,提高木材总利用量;改善林分卫生状况,增强林木抗性[1]。

上世纪90年代以来,天全县开始了人工林的大量营造,由于人工林的树种选择一般以速生、优产为目标,因而针叶树种成为造林首选,其中以柳杉最为突出。天全县始阳镇毛岗子林区在1992 a~1993 a之间,营造了约180 hm^2 的柳杉人工纯林,栽植密度约3 000株·hm^{-2}。经过10多年的生长,林分的郁闭度增大,单株林木的营养空间缩小,严重影响了林

收稿日期:2017-04-12
作者简介:蒋勇(1966-),男,本科,工程师,从事林业资源调查设计的工作和研究。E-mail:414383189@qq.com

木的生长发育。应及时进行抚育间伐,保持该年龄阶段的合理密度,为保留木创造适宜的生长空间,以促进林木的生长,调整林木组成,缩短林木培育年限,提高林木质量和单位面积产量。此同时,可加速林下枯落物的分解,提高土壤肥力,给林木创造良好的生长条件。

1 林区概况

1.1 地理位置

天全县毛岗子林区地处毛岗子山中山部,位于天全县城东部的始阳镇苏家村、柳家村和九十村境内,与前阳乡、鱼泉乡相连。林区海拔在 680 m ~ 1 000 m 之间,距 318 国道线约 1.7 km,离天全县城约 10 km,交通条件相对便利[2]。

1.2 自然条件调查

林区位于中亚热带湿润气候区,与天全县总的气候特征“冬无严寒,夏无酷暑,气候温和,雨量充沛,四季分明”并没有多大差别,年平均气温在 10℃左右,降水量在 1 000 mm 以上。优越的气候条件,对于林木的生长是非常有利的。林区土壤主要以山地黄壤和山地黄棕壤为主,它们是石灰岩、砂岩、页岩、变质岩和第四纪砾石,在中亚热带四季分明的湿热条件下风化发育而成,有明显的富铝化和黄化过程,胶体硅铝率在 2.1 ~ 3.1 之间。自然肥力较高,适宜多种树种生长,厚度一般在 50 cm,总的来说偏粘性,酸性较强。

1.3 经济条件调查

毛岗子林区由于地理位置的限制,除了林区管护房外,没有其它的建筑设施,农户居住最近的地方离林区约有 2 000 m。目前管护房附近有井水,可以直接饮用,但管护房没有接通电源,照明及用电存在一定的问题。林区内通讯快捷方便,基本实现了全球通讯无障碍,信息传播无盲区。2017 年始阳镇九十村正在修建乡村联合公路,路的尽头离林区很近,而林区公路也正在筹备之中,长度约为 2.8 km,预计 2017 年 7 月份可以修到林区。届时毛岗子林区将完成林区的整体规划,以便更好地开展人工林经营管理。

1.4 林分状况

林区现有林地面积 180 hm^2,造林时间集中在 1992 a ~ 1993 a,造林树种全部为柳杉。树龄在 15 a 左右,属中龄林阶段,平均郁闭度在 0.9 以上,应该尽早地进行第一次抚育间伐[3]。根据调查,整个林区的林木平均胸径约为 16 cm,平均树高约为 14 m,林木蓄积约 5 万 m^3。由于林区位于山脊,交通不便,集材困难,造林至今未进行过任何抚育措施,存在许多风倒木、雪压木和枯立木。林下自然整枝明显,林内光线较暗,光照不足,卫生状况差,已严重影响了林木的生长发育。

2 作业设计调查

2.1 外业调查

2.1.1 林区面积测量

在 1/50 000 的地形图上,对整个林区的地形进行初步的掌握,了解林区大致的形状。在野外实际操作中,手持 GPS 定位仪,沿林区的边界测出林区各个拐点的实际坐标,然后在 1/10 000的地形图上进行标记,并将林区的边界详细调绘在 1/10 000的地形图上[4]。

2.1.2 标准地面积测量

在选定的林分生长状况具有代表性的地段内,即标准地的状况要具有调查总体的平均水平,特别在树种组成和每公顷蓄积这两项因子必须有代表性[5]。用罗盘仪采用中线实测法,即沿与山垂直的方向进行测量,并尽可能与等高线垂直。方位角尽量保持不变,宽度确定为 20 m,即罗盘仪左右各 10 m,长度综合所选地段的面积与地形,以及其代表性,根据实际情况而定。使用罗盘仪测量时,方位角允许误差 0.5°,保留 1 位小数;竖直角允许误差 0.5°,保留 1 位小数;测距允许误差 0.5 m,保留 1 位小数。所有标准地测量的数据,由测量人员详细记录在标准地测量纪录表上。

具体内容如表 1 所示。

表 1 标准地测量纪录表

_____县 _____镇 _____林区 _____号标准地

站 点	方位角(°)	倾斜角(°)	斜距(m)	水平距(m)	备 注
……	……	……	……	……	……
累计	——	——	……	……	……
面积	……				

测量者:_____ 记录者:_____ 年 月 日

2.1.3 蓄积调查

按带状标准地法,在树种组成和单位蓄积具有代表性的地段,用罗盘仪采用中线实测法测量,一般所选带状标准地的总面积不得小于林区总面积的 3%,且相邻标准地的距离不得小于 200 m。在选定的标准地内,对所有林木进行每木检尺并详细纪

录[6]。

2.1.4　测树方法

在选定的标准地内,从胸径 6 cm 开始起检,2 cm 一个径阶,进行每木检尺,相同径阶按画正来计数[7]。在记录时应分别采伐木和保留木,对采伐木的选择,按照"砍密留稀、砍小留大、砍曲留直"的原则进行,并用标记的形式对采伐木进行标记[8]。在测树时,株数误差控制在 ±1% ,取整数;径阶在读数时,大于径阶 1 cm 取下一个径阶,小于径阶 1 cm 取上一个径阶。最后将结果详细记录在标准地每木检尺登记表上。

具体表格如下:

表 2　　标准地每木检尺登记表

_____县 _____镇 _____林区 _____号标准地　树种_____

径阶	保留木	小计	采伐木	小计
……	……	……	……	……
合计	——	……	——	……

检尺人员:_____　登记人员:_____　年　月　日

2.2　内业整理

2.2.1　林区面积计算

采用 ArcGIS 软件,将地形图上调绘好边界的林区面积图矢量化,用 ArcGIS 软件计算林区的面积。

2.2.2　标准地面积计算

此次调查共涉及 6 个标准地,根据野外面积调查测量纪录,利用 Excel 工作表,改斜距为水平距,求和算出每个标准地的长度 L。利用面积计算公式:$S = dL/10\ 000$,计算出每个标准地的面积,再计算出总面积。面积单位为 hm^2,结果保留 2 位小数。

2.2.3　单株蓄积计算

由天全县柳杉树高曲线查得径阶平均树高,查 LY208—77 四川柳杉二元立木材积表进行单株蓄积计算。二元立木材积式为:$V = aD^bH^c$,式中:V—材积(m^3);D—胸径(cm);H—树高(m);a、b、c 为材积参数。公式详见表 3。

表 3　　四川柳杉二元立木材积

(D:cm　H:m)

二元立木材积式 $V = aD^bH^c$ 各参数值		
a	b	c
0.000056280669	1.82910409	1.05195643

2.2.4　株数计算

以野外调查每木检尺登记表上的检尺株数为依据,将采伐木和保留木按不同径阶分别计算求和,求出采伐木和保留木各自的株数,以及标准地的总株数,再计算出 6 个标准地总的株数。最后用公式:$n = N/S$,算出标准地每公顷平均采伐株数与保留株数,标准地每公顷平均株数,以及林区的总株数。

2.2.5　蓄积量计算

在单个标准地内,分别采伐木和保留木,计算采伐木和保留木的蓄积,以及标准地的蓄积,再计算 6 个标准地总的蓄积。最后用公式:$v = V/S$,算出标准地每公顷平均采伐与保留蓄积,以及每公顷蓄积,通过计算得出林区总蓄积。

2.2.6　出材量计算

根据标准地总的采伐蓄积量,查《四川省主要树种经济材综合出材率表》可得柳杉抚育间伐的出材率为 46% ,因此可计算出标准地总的出材量,以及整个林区的出材量。不过由于原木在径阶上有区别,小头直径在 8 cm 以下的木材称为非规格材,而在 8 cm 以上(包括 8 cm)的木材称为规格材。因此对于出材量的计算,还应有规格材与非规格材之分。

2.2.7　采伐强度计算

通过计算 6 个标准地采伐木总的株数及蓄积占标准地总株数与蓄积的相应比例,得出相应的抚育间伐强度,也代表林区的抚育间伐强度,具体公式为:

$$Pn = n/N \times 100\%$$

$$Pv = v/V \times 100\%$$

式中:Pn(Pv)——株数(蓄积)采伐强度,保留 1 位小数;

n(v)——采伐木的株数(蓄积);

N(V)——总株数(总蓄积)。

3　调查结果

3.1　标准地调查结果

调查结果显示:野外调查共设样带标准地 6 个,面积共 6.32 hm^2。调查总株数 12 681株,平均胸径 17.3 cm,平均树高 14.1 m;其中采伐木为 3 684株,平均胸径 14.3 cm,平均树高 12.7 m;保留木为 8 997株,平均胸径 18.5 cm,平均树高 14.7 m;立木总蓄积 2 387.4 m^3,其中采伐木为468.9 m^3,保留木为 1 918.5 m^3。标准地每公顷平均株数为 2 006株,其中采伐株数583 株,保留株数 1 424株;每公顷平均蓄积 377.7 m^3,采伐蓄积 74.2 m^3,保留蓄积 303.6 m^3。

有关标准地的调查结果如表 4 所示。

表 4 标准地调查结果

	采伐木	保留木	标准地
标准地株数	3684	8997	12681
标准地蓄积(m^3)	468.9	1918.5	2387.4
平均胸径(cm)	14.3	18.5	17.3
平均树高(m)	12.7	14.7	14.1

3.1.1 林区调查结果

调查结果显示:始阳镇毛岗子林区的面积为 180.0 hm^2,6 个样带标准地抽样比占总面积的 3.51%,符合相关规定。整个林区有林木 361 168 株,其中采伐木为 104 924株,保留木为 256 244株;立木总蓄积 67 994.8 m^3,其中采伐蓄积为 13 353.6 m^3,保留蓄积为 54 641.2 m^3。有关林区的调查结果,如表 5 所示。

表 5 林区调查结果

	采伐木	保留木	林区
株数	104924	256244	361168
蓄积(m^3)	13353.6	54641.2	67994.8

3.1.2 采伐强度与出材量

综合 6 个标准地的株数采伐强度与蓄积采伐强度,计算得到的最后结果为:株数采伐强度 Pn 为 29.1%,蓄积采伐强度 Pv 为 19.6%。

林区抚育间伐总蓄积为 13 353.6 m^3,出材量为 6 142.7 m^3,其中规格材 6 005.1 m^3,非规格材 137.6 m^3。

4 采伐作业设计

4.1 作业设计的依据和原理

以国家林业部颁布的《森林采伐更新管理办法》,以及四川林业厅颁布的《四川省人工林采伐伐区调查设计规程》为依据,在坚持生态、经济、社会三大效益兼顾的原则下,对伐区进行作业设计[9]。

4.2 抚育间伐的采伐方式

按照合理利用森林资源,有利于森林更新和水土保持的要求,此次抚育间伐的采伐方式为生长伐:一方面采伐部分林木获取一定量的木材,以提高经济效益;另一方面为保留木提供足够的营养条件,创造更好的生长环境。

4.3 采伐强度与出材量设计

4.3.1 采伐强度

综合 6 个标准地的调查结果,计算后得到的结果为:株数采伐强度 Pn 为 29.1%,蓄积采伐强度 Pv 为 19.6%。符合人工林抚育间伐中关于生长伐的相关规定,即按株数的 15% ~30%,蓄积的 10% ~20% 的间伐强度进行抚育间伐[10]。因此作为此次抚育间伐的采伐强度设计。

4.3.2 出材量

根据《四川省主要树种经济材综合出材率表》,可知柳杉抚育间伐出材率为 46%。通过计算可得抚育间伐的总蓄积为 13 353.6 m^3,所以设计出材量为 6 142.7 m^3,其中规格材 6 005.1 m^3,非规格材 137.6 m^3。

4.4 伐区工艺设计

4.4.1 准备作业

在抚育间伐开始前,要对外进行伐前公示,并对采伐木进行印章标记。为了采伐木材的顺利进行,在伐块内修建工棚和装车场,初步设计 6 个工棚共 300 m^2,6 个装车场共 600 m^2。

4.4.2 采伐作业

为了减少木材的损失,采伐林木一律采用油锯,并且伐桩必须低于 10 cm。在采伐过程中,一定要控制采伐木的树倒方向,尽量减少对保留木的损伤。采伐过程主要包括伐倒、打枝、造材、青山检尺等工序,每个工序都要严格控制质量关,以确保木材的出材率。抚育间伐应该遵循“三砍三留”的原则进行,即“砍小留大、砍密留疏、砍曲留直”的原则,要求砍伐后林相整齐,不能出现天窗[11]。采伐木由现场监管人员做标记,采伐人员必须伐除所有应伐木,不得采伐未做标记的林木,具体操作过程由现场监管人员监督完成。采伐人员采伐前需进行伐前技术、安全培训。注意林地用火和施工人员安全,准备必须的工伤、疾病等应急物品。

4.4.3 造材作业

根据市场对木材品种的需求,将木材制成长度不同的原木。一般分为 2 m、3 m、4 m 等 3 种不同规格。其中,一般大径材($d \geq 16$ cm)2 m,小径材($8 \leq d \leq 16$ cm)3 m 或 4 m,非规格材($d < 8$ cm)4 m。其中,d 为小头直径。造材要求锯口平整,长度规范。

4.4.4 集材作业

主要包括集材道和道路的设计。集材道在设计过程中,一般采用土滑道集材,它是利用自然坡度,借助木材本身所具有的势能来完成木材集运的一种集材方式,它具有就地取材、修建简单、使用方便、适应性强、生产效率高等优点[12]。不过在选择时,要尽量选择坡度较大的路线,以尽量省力为原则;在过

于陡峭的地方要在集材道两边打木桩,以防止木材滚出集材道。集材方式主要采用人工集材,对于有些无法操作的地方,可以采用马帮进行托运,但无论采取何种方式,在集材过程中都要特别注意安全,尽量减少原木的破损,以提高木材的利用价值。

在道路设计方面,由于毛岗子林区的林区公路正在修建之中,在采伐之前应该可以完工,因此运输方面问题不大。并且林区公路绕整个林区而过,对于集材来说,是非常便利与有效的,不仅可以提高集材效率,而且可以大大减少木材的托运成本。

4.4.5　装车作业

受地形条件的影响,装车采用人工装车方式。不过由于木材径阶的不同,价格存在不小的差异,因此应该分开进行装车。一般来说,径阶在 8 cm 以下的木材称为非规格材,而径阶在 8 cm 以上(包括 8 cm)的木材称为规格材;其中在规格材中,以 16 cm 为界,分为大径材与小径材。因此在装车时规格材与非规格材,以及大径材与小径材要分开装车。此外,由于木材的用途不同,制材时的长度也有所不同,一般有 2 m、3 m、4 m 的规格,在装车时也要尽量分开。在装车的过程中,要特别注意安全,轻拿轻放,尽量减少木材被折断的可能。

4.4.6　伐区清理

采伐结束后,应该全面收集伐区剩余物,并充分利用梢头作为非规格材或薪材,以提高木材的利用率,坚决反对浪费木材资源。对于采伐的木材长度 2 m 以上,小头直径不小于 8 cm 的,必须全部运出利用[13]。而对于采伐时所打的枝丫等无利用价值的剩余物来说,应该截短散铺于伐区内,也可以动员附近的农户清理枝丫作为烧材。

4.4.7　林地恢复

待采伐一切工作都结束后,对于林区公路应当进行关闭,减少人为因素对林区的影响。装车场所利用的木材等剩余物,应进行清理并拖出林区。

4.5　成本概算

对于此次抚育间伐,成本概算主要包括劳动力成本、设备材料成本、林区公路修建成本、生产成本以及不可预见成本等。关于具体成本的多少,按照当时当地的劳动力工资水平的平均额来计算。

5　问题及建议

5.1　林木分化严重

在外业调查过程中,整个林区给人的直观感觉是林木大小不均匀,分化比较严重。特别是在栽植密度较大的地方,经常出现几株与周围林木相差甚大的柳杉。从柳杉的径阶频度分布图(图 1)上可以看出,林区内林木的胸径大部分集中在中间径阶,径阶呈不连续状分布,在 20 cm 附近存在一个峰值,与间歇型分布类型相似[14,15]。这可能与毛岗子林区的柳杉正处于中龄林有关,小径阶与大径阶分布区的株数都不是很多,中径级分布区的株数最多。从更新角度看,柳杉小径阶储备大于大径阶储备,中径阶储备最多,是生长竞争最激烈的阶段之一,有必要及时进行抚育间伐,为保留木提供良好的生长环境,促进林木的生长[16]。

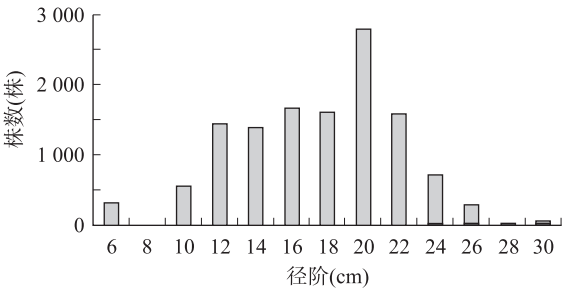

图 1　柳杉的径阶频度分布图

5.2　林相不整齐

整个林区给人的感觉比较凌乱,林相极为不整齐。许多风倒木被连根拔起,横卧在林区内;成片的雪压木顺势倒在林区,大部分已经死亡;随处可见的枯立木,只剩光秃秃的半截立在林区。造成这种情况,可能与林区的抚育以及林分的组成有关。由于造林至今还未进行过抚育间伐,林木间对养分的竞争激烈,单株林木的营养空间缩小,使得林分生长状况较弱;此外由于林分为柳杉纯林,林木的抗性较差,易受外界因素的影响,造成林木的死亡。

5.3　存在火灾隐患

毛岗子林区由于从来没进行过抚育间伐,自然整枝现象比较严重,枯枝干叶随处可见,一不小心就会引发森林火灾。而且林区附近农户法律意思淡薄,很多地方都可以看到居民活动的场所,烟头等易引起火灾的物品随处可见。林区管理人员应该加强这些小细节的防范措施,特别是在防火季节,应该竖立防火布告等醒目标志,以告诫的形式通知附近的农户,减少甚至杜绝火灾的发生。

5.4　遵循林学原则

在采伐的过程中,会出现一味追求利益,违反林学原则的操作。这种急功近利的行为主要表现在只

砍大径材,将小径材留下造成天窗现象十分明显;对离林区公路较远的地方,就放任不管,只对方便操作的地方进行砍伐。这样做的结果,非但没有为保留木提供更加充分的营养空间,还严重破坏了林分结构,使林地没有达到抚育的目的,林分需要很长的时间才能恢复。这种不顾长远利益的做法在抚育间伐过程中须引以为戒。

5.5 采伐注意事项

在采伐过程中,可能出现越界采伐、采伐未挂号大径林木、伐桩过高、严重破坏保留木等不规范行为,建议加强对采伐人员的技术培训以及监管人员的现场监督,确保作业质量;在造材过程中,可能出现锯口粗糙造成集材过程中原木的损伤,长度不合格造成装车的不方便,建议加强技术指导,严格执行有关规定;在集材过程中,损伤原木在所难免,为了减少木材的损伤,建议改进集材道,用竹木滑道替代土滑道,在省力的同时有效保护原木。

参考文献:

[1] 沈国舫. 森林培育学[M]. 中国林业出版社,2001,9.
[2] 天全县林业调查规划设计队. 天全县人工商品林采伐伐区调查作业设计说明书[M]. 2006,27.
[3] 黄家荣. 人工林首次间伐时间确定方法的探讨[J]. 北京林业大学学报,1994,16(1).
[4] 唐启发. 关于天保工程区人工商品林抚育间伐的几个技术问题[J]. 林业调查规划,2005,5:93 ~ 95.
[5] 亢新刚. 森林资源经营管理[M]. 北京中国林业出版社,2001,90 ~ 91.
[6] 中华人民共和国林业部林业专业调查主要技术规定[M]. 北京中国林业出版社,1990.
[7] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京:中国林生出版社,1999.
[8] 刘景然,刘鑫. 九龙山森林公园油松林木抚育间伐技术[J]. 天津农林科技,2007,2(1):45.
[9] 徐勇. 森林抚育间伐的目的与原则[J]. 中国林业,2005,8B:44.
[10] 张海波,孙毅. 试论森林抚育间伐技术[J]. 林业勘查设计,2OO1,4:38 ~ 41.
[11] 李志新. 杉木林抚育间伐[J]. 林业科技通讯,2001,11:42.
[12] 林涛,严跃华,刘凤云. 南方几种滑道集材对林地影响的分析[J]. 森林工程,1996,(2):39 ~ 41.
[13] 林业部. 森林采伐更新管理办法[M]. 北京:1987.
[14] Da L J,Ohsawa M. A bandoned pine - plantation succession and influence of pine mass - dieback in the urban landscape of Chiba,Central Japan[J]. Jpn J Ecol,1992,42:81 ~ 93.
[15] Ohsawa M. Structure comparison of tropical montane rain forest along latitudinal and altitudinal gradients in south and east Asia [J]. Vagetatio,1991a,97:1 ~ 10.
[16] 孙儒泳,李博. 普通生态学[M]. 北京高等教育出版社,1992.

(上接第 119 页)

试验示范、成功项目点考察和交流等多种方式,通过做中学、学中做培养林业碳汇项目开发和项目管理专业人才。

4.5 强化林业碳汇项目开发宣传

通过各种渠道,开展林业碳汇知识的宣传和普及,学习领会国家建立碳市场、推进碳交易的有关政策,了解气候变化、碳汇林业、碳补偿等理念,提高开发林业碳汇项目的认识,促进林业碳汇项目开发健康有序和规范发展,消除认识误区和盲目跟从,严防利用林业碳汇交易炒作,确保国家和人民群众利益得到有效保护。

参考文献:

[1] 徐济德. 我国第八次森林资源清查结果及分析[J]. 林业经济,2014,36(3):6 ~ 8.
[2] 国家发展改革委. 温室气体自愿减排交易管理暂行办法. 2012.
[3] 欧阳叙回. 湖南林业碳汇发展机遇[J]. 湖南林业科技,2016,43(2):122 ~ 136.
[4] 梅园,綦久竑,马骏. 发展林业碳汇交易市场[J]. 中国金融,2016,(23):65 ~ 66.
[5] 周彩贤,张峰,于海群,等. 北京市林业碳汇交易项目开发实践[J]. 林业经济,2015,37(2):118 ~ 121.