

# 大气污染对杉木生长的影响

陈冬基 郑美珠

(浙江林学院, 临安 311300)

**摘要** 通过大气污染地区和清洁区的标准地调查、树干解析以及木材含污量的分析测定表明, 大气污染对杉木林缘木生长的抑制作用最明显。林缘木和林内木比较, 杉木林幼年时期林缘效应和污染效应均不明显。森林郁闭后, 清洁区表现出明显的林缘效应, 污染区则表现出明显的污染效应。根据立地条件、营林措施相似的森林地区的林缘效应和污染效应, 可以估测林木生长损失率。大气污染会使受严重污染影响的林缘木形成假年轮。杉木木材历年的含污量与相应年轮宽度呈指数负相关关系。根据相关方程, 可以推断污染历史。

**关键词** 大气污染; 杉木; 生长; 林缘效应; 污染效应

**中图分类号** X503.235

80年代以来, 乡镇企业蓬勃发展, 广大农村和山区兴建的水泥厂、砖瓦厂、石灰窑、化工厂、化肥厂等以煤为主要燃料的各类工厂, 向原来比较干净的大气中排放了大量的有害物质, 造成大气污染。这些污染物质中, 最普遍、最大量的是二氧化硫和氟化物。杉木是树木中对大气二氧化硫和氟污染最敏感的树种之一, 一旦大气受到二氧化硫和氟污染, 就会严重影响其生长, 甚至成片死亡。至于污染物如何影响杉木的生长, 污染程度与杉木生长有什么样的关系, 今后应采取什么措施解决等问题, 前人未能作出适当回答。

有关大气污染与植物生长之间的关系, 国内外采用人工熏气试验, 或在人工气候室的污染条件下进行了不少研究<sup>[4]</sup>。在自然条件下, 由于大气污染而影响杉木林生长的研究, 则未见报道。

为了搞清大气污染与杉木林生长的关系, 我们选定大气污染比较严重的临安县青山镇附近的4片杉木林作为研究对象, 进行了为期2a的调查、测定和研究工作。现将研究结果报道如下。

## 1 试验现场基本情况和污染源情况

### 1.1 试验现场基本情况

试验现场污染区设在大气污染比较严重的临安县青山镇研口村, 清洁区设在临安县高虹陈家坎。试验现场的基本情况如下。

收稿日期: 1992-05-18; 1992-12-21收到修改稿

1.1.1 老虎山 该点距临安化工厂、青山水泥二厂东面1 500m左右,离青山航道砖瓦厂西南200m左右。自1987年砖瓦厂投产后,大气氟污染严重,杉木新叶有明显漂白伤斑,叶尖叶缘有褐色伤斑。该点二氧化硫污染较轻。

1.1.2 敬老院后山 该点位于临安化工厂、青山水泥二厂以东1 000m左右处,离砖瓦厂西南600m,这里受二氧化硫污染较轻,氟污染较重。杉木叶片可见漂白伤斑及黄色伤斑。

1.1.3 滩塘山 该点在临安化工厂、青山水泥二厂东约400m处,离砖瓦厂较远。由于地处山坳,污染气体易滞留,杉木林受害最为严重。

1.1.4 对面山 该点在临安化工厂南100m,青山水泥二厂南200m处。同时受二氧化硫、氟污染的严重影响,林缘木受害明显。

1.1.5 高虹陈家坎 该点作为大气相对清洁的对照点,离污染区30多km,四周20km以内没有污染工厂,杉木生长正常。

以上5点,立地条件、植被、气候及管理措施基本相同。

污染地区和清洁区杉木林基本情况见表1。

表1 调查地区杉木林的基本情况  
Table 1 Surveys of Chinese fir forest

项 目	老虎山	滩塘山	敬老院后山	对面山	高虹陈家坎
面 积 (hm <sup>2</sup> )	15.9	5.2	7.0	2.3	3.3
年 龄 (a)	8	8	13	14	14
株 数	4 500	2 900	2 500	1 800	1 750
(株/hm <sup>2</sup> )	林缘 4 350	林内 3 000	林缘 2 450	林内 1 800	林内 1 800
平均树高	6.14	3.05	5.94	8.44	9.78
(m)	林缘 7.36	林内 3.94	林缘 6.58	林内 9.73	林内 8.30
平均胸径	8.30	3.50	8.10	10.20	13.20
(cm)	林缘 8.60	林内 4.60	林缘 8.90	林内 11.60	林内 11.10
单株材积	0.020 77	0.002 44	0.019 35	0.039 26	0.073 05
(m <sup>3</sup> )	林缘 0.025 28	林内 0.004 84	林缘 0.025 03	林内 0.056 50	林内 0.045 93
蓄 积 量	42.465 0	7.076 0	48.375 0	70.668 0	128.537 5
(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	林缘 109.968 0	林内 14.520 0	林缘 61.323 5	林内 101.700 0	林内 82.674 0

## 1.2 污染源分布情况

调查地区的污染源主要有临安化工厂,青山水泥二厂和青山航道砖瓦厂。

临安化工厂于1976年建厂,1978年投产,以石煤为主要燃料,主要污染气体为二氧化硫。

青山水泥二厂建于1985年,1986年9月投产,主要排放氟化物和二氧化硫。

青山航道砖瓦厂建于1987年,1988年投产,主要排放氟化物。

3个污染源与杉木林调查点相对位置见图1。

## 1.3 调查地区的大气污染情况

根据研究,大气污染程度与树木体内含污量有很好的线性关系<sup>[1]</sup>。分析测定杉木叶片含污量,可以了解各调查点的污染状况;用碱性滤纸挂片的方法也可了解大气中氟污染浓度<sup>[1]</sup>。为此,我们对各调查点杉木林的林缘木叶片进行采样分析,并对大气氟污染状况进行了2 a

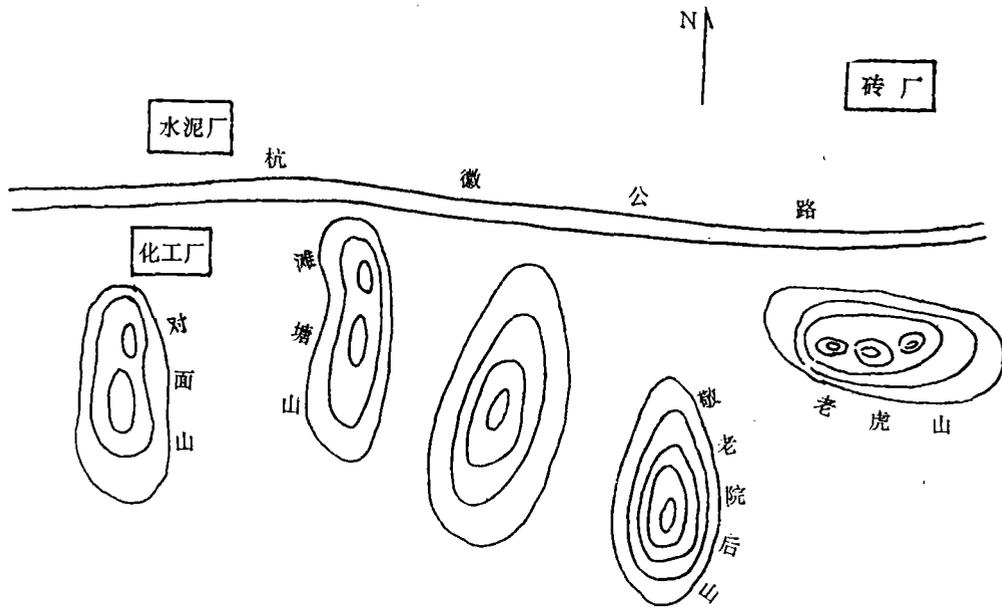


图 1 调查点与污染源示意图

Fig. 1 Showing the survey spots and the pollution sources

的挂片测定。从测定结果来看，与清洁区陈家坎大气质量比较，有大气污染的青山镇附近各调查点，都不同程度地受二氧化硫和氟的污染。其中氟污染以老虎山和敬老院后山为重，大气氟浓度和杉木叶片含氟量分别是清洁区的288%，239%和256%，278%；滩塘山和对面山较轻，分别为清洁区的244%，223%和232%，182%。二氧化硫污染则以滩塘山，对面山为重，分别为清洁区的176%和160%；而敬老院后山老虎山较轻，分别为清洁区的132%和113%，见表2。但是，叶片和挂片测定结果，主要反映近2a的大气污染情况，而杉木林的生长是1个很长的过程。这与排污工厂的建厂历史，调查点与污染源的密切关系。因此，总的来看，污染地区4个调查点的大气污染状况，以滩塘山和对面山距临安化工厂与青山水泥二厂最近，受它们排放的二氧化硫和氟化物影响时间最长，叶片硫和氟的含量也较高，存在二氧化硫和氟化物的复合污染及两者明显的加乘作用<sup>[2]</sup>。而老虎山、敬老院后山从叶片和挂片测定结果来看，二氧化硫与氟污染都比较重，但主要污染源航道砖瓦厂建厂时间较晚，影响时间较短，且二氧化硫的污染程度较氟轻，复合污染程度和两者的加乘作用也不明显。

表 2 调查地区大气污染情况比较表

Table 2 State of atmospheric pollution in survey spots

测定项目	敬老院后山		老虎山		滩塘山		对面山		高虹陈家坎	
	含污量	为清洁区 %								
杉木叶含硫量( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	676.0	132	576.0	113	898.0	176	817.0	160	511.0	100
杉木叶含氟量( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	21.4	278	18.4	239	17.2	223	14.0	182	7.7	100
碱性滤纸含氟量( $\mu\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{mo}$ )	10.5	256	11.8	288	10.0	244	9.5	232	4.1	100

## 2 研究方法

大气污染与杉木生长关系的研究,主要是对杉木林标准地进行调查,树干解析以及对大气污染物和植物体内含污量进行定量分析测定。

### 2.1 杉木林生长量的调查方法

2.1.1 标准地调查 选定清洁区和污染区的5个调查点,分别在林内和林缘设立调查标准地。林缘标准地规定设在杉木林向污染源方向的边缘至林内20m处,林内标准地则设在距林缘50m处。每点两块,共10块。面积均为10m×20m。采用常规每木检尺方法,测定标准地内每木的胸径、树高、枝下高等数据,并记载其生长状况。

2.1.2 树干解析 每标准地内选定接近平均胸径和平均树高的标准木5株,共50株。规定1m为1个区分段,1a为1个龄级。其他均按常规树干解析方法进行。

### 2.2 污染物质的定量分析方法

2.2.1 大气氟浓度 利用碱性滤纸吸收氟离子选择性电极法测定<sup>[1,6]</sup>。

2.2.2 大气二氧化硫浓度 采用四氯汞钾溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法测定<sup>[3,6]</sup>。

2.2.3 植物体内含硫量 采用湿灰化-硫酸铜比浊法测定。

2.2.4 植物体内含氟量 采用高氯酸浸提,氟离子选择性电极法测定<sup>[1]</sup>。

## 3 研究结果

### 3.1 大气污染对杉木林生长的影响

林木生长是各个环境因子综合作用的结果。在自然条件下要研究某一因子对林木生长的影响,必须尽可能将其他因子控制在相近似的水平上。为了使调查结果具有可比性,我们在各个调查点,分别林缘和林内设立标准地。并选择立地条件、造林措施、年龄相似的相对清洁区陈家坎的杉木林作为对照区。

3.1.1 大气污染对杉木林总生长量的影响 杉木林的总生长量是指最近各标准地调查测定的平均树高和平均胸径以及由此计算出来的单株材积和单位面积材积。为了比较杉木林因大气污染而受损失的情况,我们以各调查点处于相对清洁条件下的林内木作为比较标准,把受大气污染影响的林缘木的生长量与林内木作比较,计算各点杉木生长的损失率(见表3)。

3.1.1.1 大气污染对树高总生长量的影响 由表3可见,就树高总生长量来看,在污染区由于受污染的程度不同和年龄差异,各点的损失率是不一样的。林缘木和林内木比较,滩塘山的树高生长损失率为22.60%,老虎山为16.60%,对面山为13.30%,敬老院后山为9.70%。这种情况和各调查点污染程度相一致。而清洁区陈家坎的杉木林树高生长损失率为-17.80%,亦即林缘木比林内木的高生长增加了17.80%。如果考虑林缘效应,各污染点的树高生长量损失率还将加大。就年龄相同、立地条件相近似的对面山与陈家坎的杉木林树高生长量比较,对面山杉木林树高生长损失率将达到31.00%。

3.1.1.2 大气污染对胸径总生长量的影响 在大气污染地区,林缘木直径生长损失率表现出类似树高的规律。滩塘山由于复合污染最重,带皮直径生长损失率达23.91%,对面山次之为

表 3 受污染杉木林生长损失情况表  
Table 3 Growth losses of polluted Chinese fir forest

测 树 因 子		老虎山	滩塘山	敬老院后山	对面山	高虹陈家坎
		树龄 8 a	树龄 8 a	树龄 13 a	树龄 14 a	树龄 14 a
树 高 (m)	林 缘	6.14	3.05	5.94	8.44	9.78
	林 内	7.36	3.94	6.58	9.73	8.30
	损失率 (%)	16.58	22.59	9.73	13.26	-17.83
去皮胸径 (cm)	林 缘	7.08	2.95	6.82	9.24	12.17
	林 内	7.35	3.64	7.45	10.58	10.04
	损失率 (%)	3.67	18.96	8.46	12.67	-21.22
带皮胸径 (cm)	林 缘	8.30	3.50	8.10	10.20	13.20
	林 内	8.60	4.60	8.90	11.60	11.10
	损失率 (%)	3.49	23.91	8.99	12.07	-18.92
单株去皮材积 (m <sup>3</sup> )	林 缘	0.015 11	0.001 74	0.013 72	0.032 22	0.062 44
	林 内	0.018 46	0.003 03	0.017 54	0.047 00	0.037 57
	损失率 (%)	18.15	42.57	21.78	31.45	-66.20
单株带皮材积 (m <sup>3</sup> )	林 缘	0.020 77	0.002 44	0.019 35	0.039 28	0.073 45
	林 内	0.025 28	0.004 84	0.025 03	0.056 50	0.045 93
	损失率 (%)	17.84	49.59	26.69	30.51	-59.92

注：损失率 (%) =  $\frac{\text{林内木生长量} - \text{林缘木生长量}}{\text{林内木生长量}} \times 100$

12.07%，老虎山和敬老院后山分别为3.49%和8.99%。清洁区陈家坎杉木林林缘木胸径生长损失率为-18.92%，亦即林缘木比林内木胸径生长增加18.92%。去皮胸径也反映出相应的损失率。立地条件和年龄相同的对面山和陈家坎清洁区杉木胸径生长情况比较，并以清洁区林缘木和林内木胸径生长差异作为林缘效应，对面山林缘木去皮胸径损失率将达到33.90%，带皮胸径为31.00%。

3.1.1.3 大气污染对材积生长的影响 木材材积是树高和胸径生长的函数，大气污染对林木生长的影响必然反映到材积上。

大气污染地区林缘木与林内木比较，林缘木单株带皮材积损失率最大达49.59%。对面山林缘木单株带皮材积损失率为30.51%。考虑到条件相似的对照区陈家坎杉木林材积生长的林缘效应59.92%，对面山14年生杉木林林缘木单株材积生长损失率达90.43%。

3.1.2 大气污染对杉木连年生长量的影响 在大气污染地区，由于排污工厂的建厂时间、生产水平、污染物种类的不同，以及杉木林生长地点的地形地势、离污染源距离、方向和气候条件等方面的差异，使得杉木林的生长明显地受到当时污染状况的影响，并直接反映到当年的树高、胸径的生长过程中。为了研究污染地区和相对清洁区杉木生长与大气污染的关系，我们将各调查点杉木林的树干解析材料分林缘木和林内木统计了树高和胸径的生长过程(表4)。并着重比较了年龄、管理措施及立地条件相似的污染地区对面山和清洁区陈家坎的杉木生长过程图2~4。

3.1.2.1 清洁区杉木林生长过程 由表4及图2a，图3a，图4a的生长曲线可以看出，清洁区陈家坎杉木林的林缘木生长优势随年龄增加而增加，林缘木的树高、胸径和材积生长显

表4 调查地区杉木林历年生长过程表

Table 4 Annual growth of Chinese fir in survey spots

项 目	年 龄 (a)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
高虹陈家坎	树 高 (m)	林缘木	0.5	1.1	1.7	2.5	3.1	3.8	4.5	5.2	5.9	6.7	7.3	8.1	8.9	9.8
		林内木	0.5	1.0	1.6	2.1	2.5	3.0	3.4	3.8	4.3	5.2	5.8	6.4	7.3	8.3
	胸 径 (cm)	林缘木			0.6	1.3	2.1	3.2	4.8	6.4	8.2	9.5	10.4	11.3	11.9	12.4
		林内木			0.5	1.3	2.0	2.8	3.6	4.6	5.8	7.1	8.0	8.7	9.4	10.1
对 面 山	树 高 (m)	林缘木	1.0	2.0	2.6	3.3	4.2	4.8	5.4	5.8	6.5	7.1	7.6	7.9	8.1	8.4
		林内木	0.5	1.4	2.4	3.5	4.6	5.5	6.5	7.6	8.3	8.8	9.1	9.3	9.5	9.7
	胸 径 (cm)	林缘木		0.5	2.2	4.0	5.3	6.2	7.1	7.7	8.1	8.3	8.4	8.6	8.9	9.2
		林内木			1.1	2.7	4.3	5.8	6.9	7.9	8.6	9.2	9.6	9.9	10.3	10.6
敬 老 院 后 山	树 高 (m)	林缘木	0.4	0.9	1.4	2.3	2.8	3.5	4.3	4.7	5.0	5.4	5.6	5.8	5.9	
		林内木	0.5	1.	1.9	2.7	3.7	4.5	5.0	5.4	5.8	5.9	6.2	6.4	6.6	
	胸 径 (cm)	林缘木			0.6	1.1	1.9	2.9	4.0	4.8	5.4	5.9	6.2	6.5	6.8	
		林内木			0.7	1.8	3.2	3.9	4.8	5.5	6.0	6.5	6.9	7.2	7.5	
滩 塘 山	树 高 (m)	林缘木	0.7	1.1	1.6	2.1	2.6	2.9	3.0	3.1						
		林内木	0.7	1.4	1.9	2.4	3.0	3.3	3.6	3.9						
	胸 径 (cm)	林缘木			0.6	1.3	2.0	2.5	2.7	3.0						
		林内木			0.7	1.5	1.9	2.9	3.3	3.6						
老 虎 山	树 高 (m)	林缘木	0.5	1.5	2.5	3.5	5.0	5.3	5.7	5.8						
		林内木	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.4						
	胸 径 (cm)	林缘木			1.5	3.3	4.7	5.6	6.4	7.1						
		林内木			1.6	3.3	4.8	5.8	6.6	7.4						

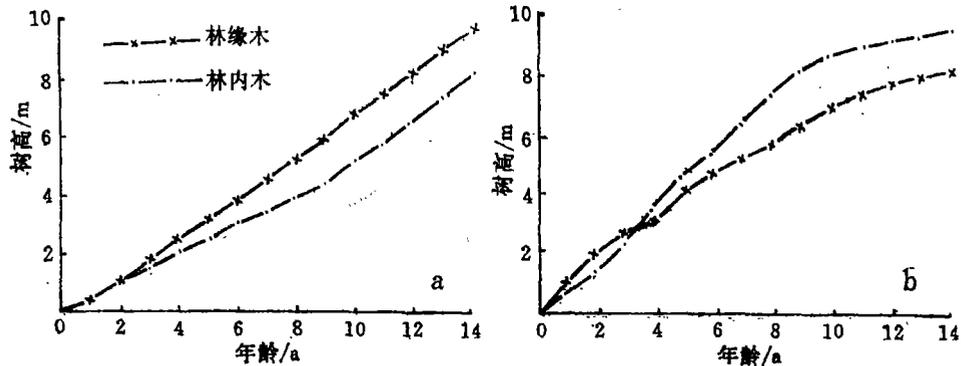


图2 a. 清洁区杉木树高生长过程  
b. 污染区杉木树高生长过程

Fig. 2 a. Tree height increment of Chinese fir in the area without atmospheric pollution  
b. Tree height increment of Chinese fir in atmospheric polluted area

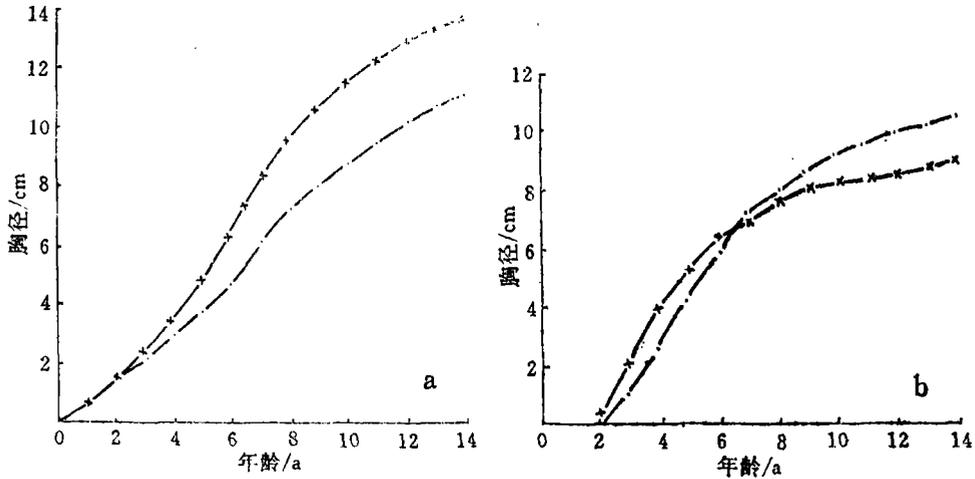


图3 a. 清洁区杉木胸径生长过程  
b. 污染区杉木胸径生长过程

Fig. 3 a. Breast diameter increment of Chinese fir in the area without atmospheric pollution  
b. Breast diameter increment of Chinese fir in atmospheric polluted area

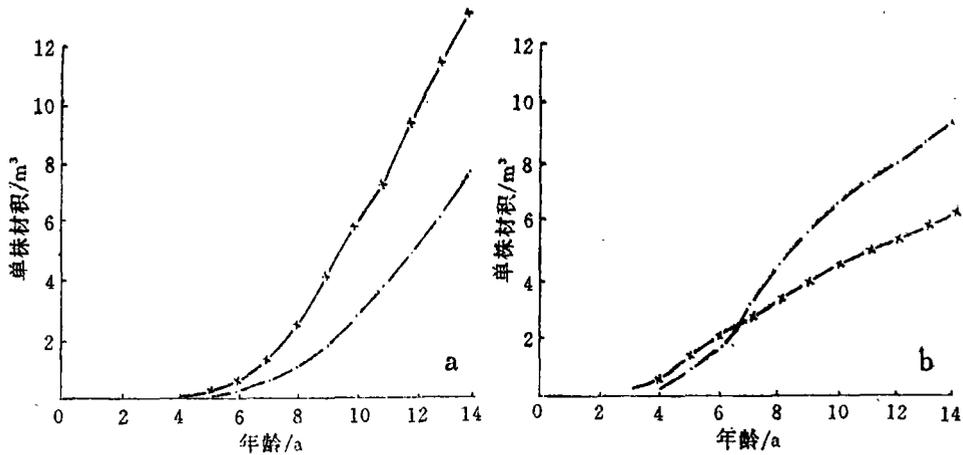


图4 a. 清洁区杉木单株材积生长过程  
b. 污染区杉木单株材积生长过程

Fig. 4 a. Volume of wood increment of single Chinese fir in the area without atmospheric pollution  
b. Volume of wood increment of single Chinese fir in atmospheric polluted area

著优于林内木，表现出明显的林缘效应。其生长过程曲线比较平滑，没有出现生长突然停顿现象，表明生长期间清洁区的气候是正常的，既无大的灾害性天气，也无突发性病虫害灾害。

3.1.2.2 大气污染地区杉木生长过程 由于受大气污染的影响，林缘木和林内木的生长过程，完全不同于清洁区(见表4及图2b，图3b，图4b)。在杉木生长的幼年时期，由于森林

没有郁闭,林木个体接触污染气体是均等的。林缘木的光照环境优越性也未显示出来。杉木树高、胸径生长主要决定于局部的环境因素如土壤等的影响。因此杉木的树高、胸径生长有林缘木大于林内木的,如对面山、陈家坎;有林内木大于林缘木的,如敬老院后山、滩塘山;也有林内木和林缘木相等的,如老虎山。森林郁闭以后,由于林缘木首先受到污染物的侵害,生长明显受阻,生长速度下降,其下降的速率完全决定于大气污染的程度。然而,林内木则由于林缘木对大气污染物的阻挡、过滤、吸收净化作用,使得林内木生长环境中大气污染物的浓度明显降低,仍保持较高的生长水平。如老虎山杉木林在1987年以前,基本上没有大气污染,林缘木、林内木生长很正常。1987年由于青山航道砖瓦厂投产后,向大气中排放了大量氟化物,林缘木受氟污染影响,生长很明显衰退,树高、胸径生长都低于林内木。对面山杉木的树高、胸径及材积的生长曲线则更明显地说明了污染地区林木生长的特点,即杉木生长初期,由于林缘木处于小山丘下坡边缘,土层较厚,光照充足,林缘效应明显。在临安化工厂投产后的第3年即1980年,林缘木的树高生长就低于林内木(见图2b),第7年即1984年林缘木胸径生长低于林内木(见图3b)。污染区其他调查点杉木生长也有类似情况(表4),表现出明显的污染效应。

### 3.2 大气污染对年轮的影响

**3.2.1 大气污染引起的年轮结构变化** 树干解析中发现,处于严重污染条件下的对面山,5株林缘木中有3株在1984年的生长过程中,形成1~3条假年轮。而处于附近立地条件基本相同的5株林内木,在同1 a 则没有发现假年轮。进一步调查发现,林缘木树冠外围叶片伤害症状明显,生长缓慢,而林内木则未见明显危害症状。原因是处于迎风面的林缘木首当其冲地接受污染大气,间断性地压制了林木的生长,形成了假年轮。经树干解析测定和木材含污量分析,1984年林缘木木材含氟量为13.5 mg/kg,含硫量为230.0 mg/kg,年轮宽度为0.38 cm,而相邻的林内木含氟量为5.7 mg/kg,含硫量为150.0 mg/kg,年轮宽度为0.75 cm。这表明木材含污量大小与假年轮形成有关。

**3.2.2 大气污染对年轮宽度的影响** 树木每年的年轮宽度的变化可以在胸径连年生长量曲线中得到反映。大气污染地区对面山5株林缘木各年胸高处的年轮宽度和相应年份木材含污量测定结果见表5,图5。

经统计分析,各年份木材的含污量与相应年轮宽度呈指数负相关关系,其中木材含氟量  $x_F$  与年轮宽度  $y_1$  的相关方程是:

**表5 对面山林缘木年轮宽度与木材含污量关系表**

Table 5 Relationship between the width of growth ring and the pollution content of Chinese fir along the forest edge on the opposite mount

项 目	年 龄 (a)									
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
	1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984	1983	1982	1981
木材含氟量(mg/kg)	15.7	14.4	13.1	20.1	15.7	13.3	13.5	8.7	9.6	5.7
木材含硫量(mg/kg)	304.0	300.0	297.0	252.0	253.0	254.0	230.0	208.0	194.0	153.0
胸高处年轮宽度(cm)	0.085	0.090	0.090	0.085	0.150	0.200	0.375	0.578	0.975	1.150

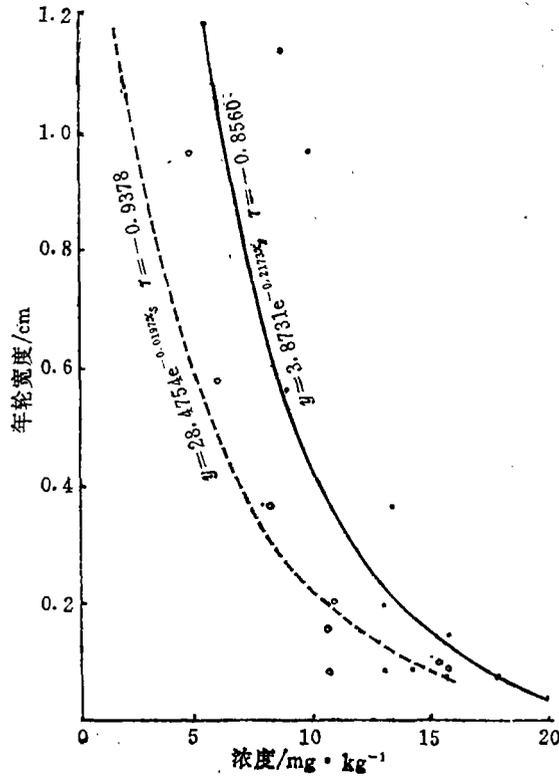


图 5 年轮宽度与木材含氟量、含硫量

Fig. 5 Relationship between the width of growth ring and the fluorine and sulphur of Chinese fir

$$y_1 = 3.8731 e^{-0.2173 x_F}$$

$$r = -0.8560$$

$$r > r_{0.01}(f=8) = 0.7648, \text{ 相关显著}$$

木材含硫量  $x_S$  和年轮宽度  $y_2$  的相关方程是:

$$y_2 = 28.4754 e^{-0.01972 x_S}$$

$$r = -0.9378$$

$$r > r_{0.001}(f=8) = 0.8721, \text{ 相关极显著。}$$

根据立地条件类似的清洁区陈家坎杉木林生长情况, 清洁区 5~7 年生平均胸径的连年生长量为 1.2 cm 左右。这应该是杉木正常生长量。相应木材含污量可以作为污染地区未受害杉木木材含污量的最高允许浓度。按以上两式计算, 相应年龄胸径连年生长量 1.2 cm 时, 其木材含硫量为 160.0 mg/kg, 含氟量为 5.5 mg/kg。

## 4 主要结论

4.1 大气污染对郁闭杉木林生长的影响, 主要表现为对林缘木生长的抑制作用。与同一调查点的林内木比较, 林缘木的树高生长损失率为 9.73%~22.59%; 胸径损失率为 3.49%~

23.91%，单株材积损失率为17.84%~49.59%。考虑到林缘效应，三者的损失率将分别达到31.09%，30.99%，90.43%。

4.2 林缘木和林内木生长量调查表明，杉木林生长的幼年时期，林缘效应和污染效应均不明显。森林郁闭后，清洁区表现出明显的林缘效应，而污染地区则显示出明显的污染效应。

4.3 大气污染严重地区，林缘木常形成假年轮。杉木木材各年份的含污量与相应年轮宽度呈指数负相关关系。年轮宽度  $y_1$  与木材含氟量  $x_F$  的相关方程为  $y_1 = 3.873 1e^{-0.217^3 x_F}$ ，相关显著。年轮宽度  $y_1$  与木材含硫量  $x_S$  的相关方程为  $y_1 = 28.475 4e^{-0.019^{72} x_S}$ ，相关极显著。

根据相关方程可以用木材含污量推断当地的污染历史。按杉木胸径正常生长水平，其胸径连年生长量为1.2 cm时的木材含硫量为160.0 mg/kg，木材含氟量为5.5 mg/kg。这个指标可作为影响杉木生长的最高允许浓度。

4.4 根据清洁区林缘木和林内木生长的差异，可以计算出林缘效应。陈家坎杉木林的林缘效应树高生长为17.83%，去皮胸径为21.22%，带皮胸径为18.92%，单株去皮材积为66.20%。

根据污染区林缘木和林内木生长差异可以计算出生长的污染效应，林缘效应与污染效应之和就是杉木林生长的实际损失率。

4.5 根据林缘木生长损失率及林缘木各年份木材含污量与年轮宽度相关公式，可以对污染地区杉木林产量损失情况进行评估。

### 参 考 文 献

- 1 陈冬基等. 环境科学, 1983, 4(5):49~52
- 2 [美]J. B. 马德等编; 刘育林译. 植物对空气污染的反应. 北京: 科学出版社, 1984; 148~151
- 3 国家环境保护局编写组. 空气和废气监测分析方法. 北京: 中国环境科学出版社, 1990; 94~99
- 4 [美]W. I. 曼宁等著; 黄楚豫, 王瑞金译. 大气污染的植物监测. 北京: 中国环境科学出版社, 1987; 56~64
- 5 污染源统一监测分析方法编写组编. 污染源统一监测分析方法(废气部分). 北京: 技术标准出版社, 1982; 25~56

Chen Dongji (Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Zheng Meizhu. Effect of Atmospheric Pollution on Growth of Chinese Fir. / *Zhejiang For Coll*, 1993, 10(1): 169~178

**Abstract:** An inventory to the sample plots of atmospheric polluted area and the area without atmospheric pollution, a stem analysis and a pollution analysis of timber showed that atmospheric pollution could check the growth of edge trees greatly; the effect of forest edge and the pollution effect were not distinct between the edge trees and the trees within stand of young Chinese fir, but, for canopied Chinese fir, there were a obvious effect of forest edge in the area without atmospheric pollution and a obvious pollution effect in atmospheric polluted area, which could indicate the loss rate of forest growth; the edge trees, after being polluted seriously, would form false growth ring, and there was a negative index correlation between the annual pollution content of Chinese fir and the width of annual ring, which could infer pollution record of Chinese fir.

**Key words:** atmospheric pollution; Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* Hook.); increment effect of forest edge; pollution effect