

黑龙江省百年自然植被氧气生产量比较研究

张丽娟¹, 姜春艳¹, 马 骏¹, 延晓冬², 张安康¹, 姜篮齐¹

(1. 黑龙江省普通高等学校地理环境遥感监测重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150025;

2. 中国科学院东亚区域气候环境重点实验室, 北京 100029)

摘要: 随着对气候变化研究的深入, 大气中氧气含量变化也应引起关注。以黑龙江省1900和2009年自然植被分布为基础, 运用C-FIX模型及ArcGIS空间分析, 依据碳氧平衡方法, 比较1900年和2009年黑龙江省区域氧气生产量。结果表明: ① 黑龙江省百年来自然植被生产的氧气量呈减少趋势, 减少37.8%。② 百年来黑龙江省自然植被氧气生产量空间分布西南部及三江平原西部降低明显。③ 百年来黑龙江省各行政区及县域氧气生产量均为减少趋势, 平均减少50%。减少最多的是哈尔滨市, 以西部及西南部最显著。④ 人类活动导致自然植被面积减少是导致氧气生产量减少的主要因素。

关 键 词: 区域氧气生产量; 百年植被变化; 黑龙江省

中图分类号: P951 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2013)05-0581-07

前 言

大气中二氧化碳含量增加促使全球变暖受到广泛关注, 而对于正在下降的大气含氧量很少给予关注^[1]。目前大多数科学家都认同10 000 a前大气平均含氧量在30%~35%之间, 而目前只有21%左右^[1,2], 在一些污染严重、人口密度较大的城市和工业园区, 大气含氧量只有15%甚至更低^[3]。大气中的氧气是绿色植物光合作用积累下来的, 由于全球性森林面积减少, 耗氧性工业增加等原因, 使得大气中氧气含量逐渐减少。而人类所有的慢性疼痛以及疾病均由细胞缺氧引起^[4,5]。因此, 研究大气氧气含量变化具有重要意义。

目前为止, 国内外学者主要通过对绿色植物生产氧气量估算, 反映区域生态环境质量的变化。所采纳的研究方法归纳为3种: 一是实验方法, 通过测定叶面积指数和净光合速率估算绿色植物所生产的氧气量^[6]; 二是经验估算法, 通过估算区域耗氧量, 按经验系数折算出区域氧气生产量, 或按照不同绿色植物覆盖面积, 乘以单位面积上释放氧气的经验系数估算^[7,8]; 三是碳氧平衡法,

即生产力估算法, 通过估算区域绿色植物生产力, 按固碳量(即生产力)与氧气的比例(1:2.667), 估算区域氧气生产量^[9-13]。综合而言, 碳氧平衡法具有机理性, 但已有研究主要基于初级生产力或净初级生产力估算氧气生产量, 一是使估算结果差异较大, 二是机理性不如通过净生态系统生产力估算强, 且很少涉及区域氧气生产量空间分布及变化特征分析。

本文将RS、ArcGIS及C-FIX模型进行集成, 通过对1900和2009年黑龙江省自然植被所产生氧气量模拟及比较, 从区域氧气生产量变化角度揭示由于百年自然植被变化而导致大气氧气含量的变化, 为研究大气氧气含量变化提供依据。

1 资料来源与数据处理

1.1 自然植被信息获取

1) 1900、1986年黑龙江省植被覆盖信息获取。将黑龙江省1900年、1986年植被分布图^[14]扫描, 与地理坐标系统图件配准进行矢量化(图1、2)。1986年植被覆盖图用于获取1900年NDVI。

2) 2009年黑龙江省植被覆盖信息获取。基

收稿日期: 2012-07-10; 修订日期: 2012-12-18

基金项目: 国家自然科学基金(42171217)、科技部“973”项目(2010CB950903)、黑龙江省自然科学基金(F201041)项目资助。

作者简介: 张丽娟(1965-), 女, 河北唐山人, 教授, 博士, 主要从事生态系统模拟研究。E-mail: zlj19650205@163.com

通讯作者: 延晓冬, 教授。E-mail: yxd@bnu.edu.cn

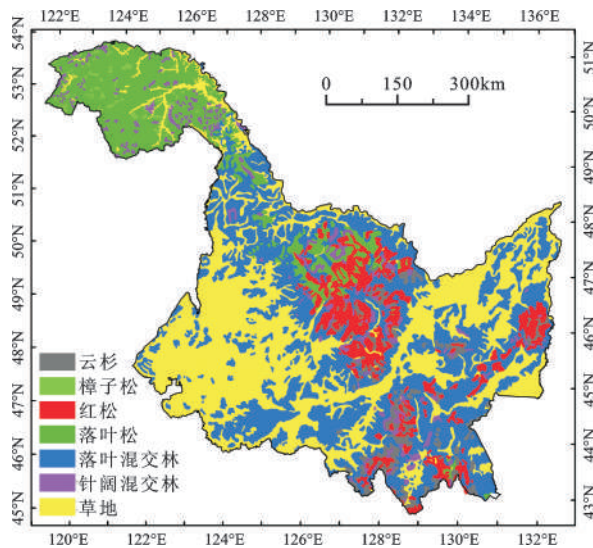


图1 1900年黑龙江省植被覆盖

Fig.1 Vegetation coverage of Heilongjiang Province in 1900

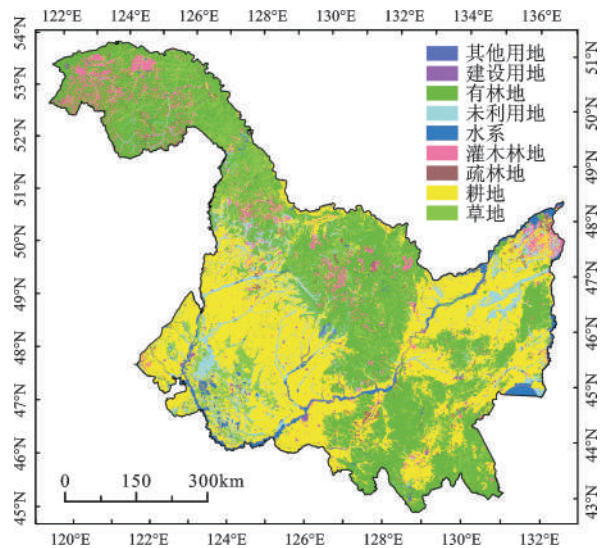


图3 2009年黑龙江省土地利用信息

Fig.3 Land-use of Heilongjiang Province in 2009

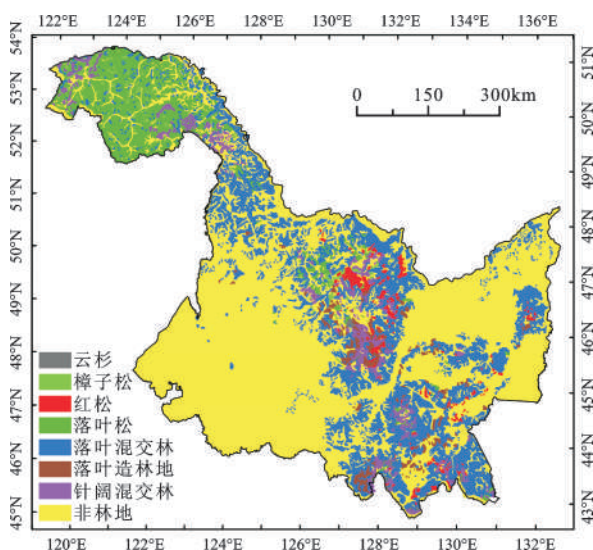


图2 1986年黑龙江省植被覆盖

Fig.2 Vegetation coverage of Heilongjiang Province in 1986

于ETM⁺遥感影像,采用监督分类法将土地利用类型分为6类:耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地(图3)。

1.2 气温和辐射信息获取

1) 月平均气温获取:为保证模拟结果具有可比性,并减少年份异常波动影响,1900、2009年气温资料分别采用1900~1905、2005~2009年平均气温代替,资料来源于英国东英吉利大学气候研究所(CRU)提供的 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 逐月网格气温数据。CRU气候要素资料是根据陆面实际观测资料插值到 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 的经纬度网格数据。CRU资料在中国

区域尺度上,与实际观测资料序列吻合得很好,通过显著性检验^[15]。提取覆盖黑龙江省及附近的网格资料共25个点,采用Kriging插值方法,得到1900、2009年黑龙江省3~11月气温 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 栅格图。

2) 月辐射通量资料获取:因CRU资料中没有地面辐射的资料,只有云量资料,依据天文辐射^[16]和云量估算到达地面的太阳辐射通量^[17]。提取1900、2009年覆盖黑龙江省及附近云量网格资料共25个点,计算其太阳辐射通量,用Kriging插值方法得到1900、2009年3~11月辐射通量 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 栅格图。

1.3 黑龙江省归一化植被指数(NDVI)信息获取

1) 1900年植被指数(NDVI)信息获取。研究表明,在中国东北大面积地带性植被类型NDVI近几十年来没有发生明显变化,稀疏植被及森林植被类型NDVI年际变化比较稳定^[18-21]。根据以上研究结果,并取消年份间NDVI异常波动,将1986年黑龙江省植被分布图与1984~1988年各月平均NDVI信息进行叠加,提取各纬度各森林树种及草地各月份NDVI(表1,以 $48^{\circ} \sim 49^{\circ} \text{N}$ 为例),再按纬度按植被类型赋值到1900年相应植被类型上,得到1900年黑龙江省3~11月 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ NDVI栅格图(以8月份为例,图4)。

2) 1984~1988年、2009年植被指数(NDVI)信息获取。1984~1988、2009年3~11月植被指数(NDVI)从美国航天局NASA的网站下载。

表1 48°~49°N植被覆盖类型各月的NDVI

Table 1 Monthly NDVI value for different types of forest in the latitude of 48°-49°N									
月份	3	4	5	6	7	8	9	10	11
红松	0.2912	0.3482	0.6096	0.8571	0.8328	0.7749	0.7090	0.4707	0.3321
落叶松	0.1928	0.2681	0.5413	0.8523	0.8350	0.7745	0.6786	0.3715	0.2269
云、冷杉	0.2527	0.3365	0.6008	0.8526	0.8447	0.7649	0.6993	0.4452	0.3111
樟子松	0.2598	0.3229	0.5840	0.8461	0.8187	0.7596	0.6921	0.4434	0.2915
针阔混交林	0.2818	0.3388	0.5956	0.8548	0.8292	0.7733	0.7038	0.4530	0.3108
落叶混交林	0.1725	0.2601	0.5318	0.8308	0.8282	0.7672	0.6711	0.3713	0.2214
草地	0.1567	0.2417	0.4935	0.8150	0.8246	0.7593	0.6511	0.3495	0.2016

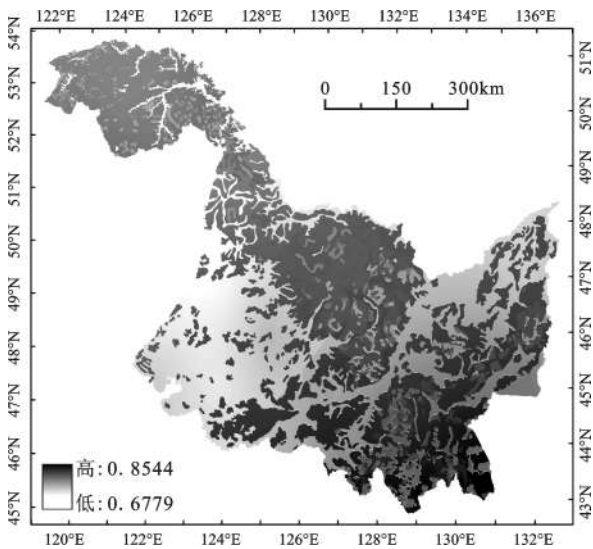


图4 1900年8月NDVI分布
Fig.4 NDVI value of Heilongjiang Province in August 1900

2 研究方法

2.1 C-FIX模型简介

目前国内外有3类植被生产力估算模型:气候统计模型、生态系统过程模型和光能利用率模型。C-FIX模型是光能利用率模型,该模型的优点是输入参数少、计算效率高、输出结果时空分辨率

高,可以实现区域各级生产力估算,实效性和实用性较强^[22]。研究表明C-FIX模型模拟黑龙江省各级植被生产力具有较高精度^[23]。用气温、辐射通量、CO₂浓度^[24,25]及相应参数驱动C-FIX模型,计算各栅格自然植被净生态系统生产力。

2.2 依据净生态系统生产力估算氧气生产量

植物通过光合作用合成有机碳和氧气,还通过呼吸作用消耗有机碳和氧气。经呼吸消耗剩余的有机碳,称为净生态系统生产力[NEP, gC/(km²·d)],NEP对应的氧气量即为净氧气生产量。

2.3 空间分析方法

采用ArcGIS空间叠加、空间统计等分析方法,计算黑龙江省及行政区内自然植被各月及年总氧气生产量。

3 结果与分析

3.1 黑龙江省百年自然植被氧气生产量比较

1900年黑龙江省自然植被全年氧气生产量为33 804.666×10⁴t,2009年为21 022.656×10⁴t。1900年氧气生产量是2009年的1.608倍,2009年比1900年减少37.8%(表2)。

1900和2009年黑龙江省自然植被氧气生产量年内变化趋势基本一致(图5)。随着温度的升高,

表2 黑龙江省氧气生产量(10⁴t)

Table 2 The oxygen production in Heilongjiang Province (10 ⁴ t)							
月份 (月)	1	2	3	4	5	6	
1900年	0	0	79.651	714.992	4416.566	7571.298	
2009年	0	0	30.140	422.727	2791.039	4111.054	
控制实验	0	0	41.617	675.223	4484.894	7971.401	
月份 (月)	7	8	9	10	11	12	全年
1900年	8044.690	7864.473	4208.566	834.739	69.691	0	33804.666
2009年	5506.615	5245.258	2524.361	378.249	13.213	0	21022.656
控制实验	10092.149	8991.370	4097.681	893.171	34.765	0	37233.106

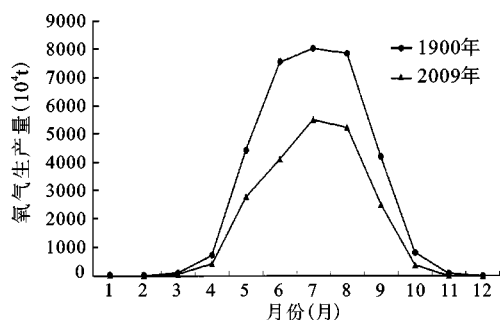


图5 氧气生产量随月份的变化

Fig.5 Monthly change of the oxygen production

氧气生产量随之增大,7月份达到最大后,随着温度减少,氧气生产量也随之减少。1900年氧气生产量春季增加速率与秋季减小速率均比2009年大。

1900和2009年黑龙江省全年氧气生产量空间分布趋势相似,中部森林覆盖率较高的区域比其它区域明显偏高。百年来全省西部氧气生产量降低显著,西南部由1900年的高值区变为低值区,三江平原降低明显(图6、7)。

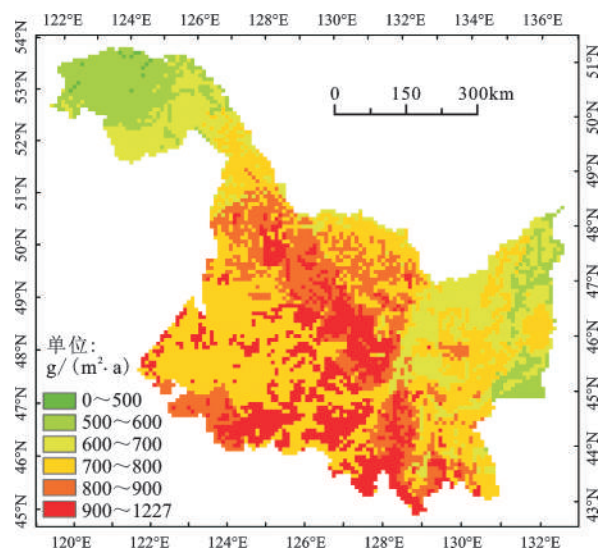


图6 黑龙江省1900年氧气生产量年总量空间分布

Fig.6 The spatial distribution of annual total oxygen production for Heilongjiang Province in 1900

3.2 黑龙江省百年自然植被氧气生产量行政区分布比较

黑龙江省各行政区自然植被氧气生产量百年来均为减少趋势。齐齐哈尔市减少最多,减少率为82.273%,其次是大庆市和绥化市,分别为70.815%和64.756%,鹤岗市、佳木斯市、鸡西市减少率也在50%以上;伊春市减少率最低,减少率为

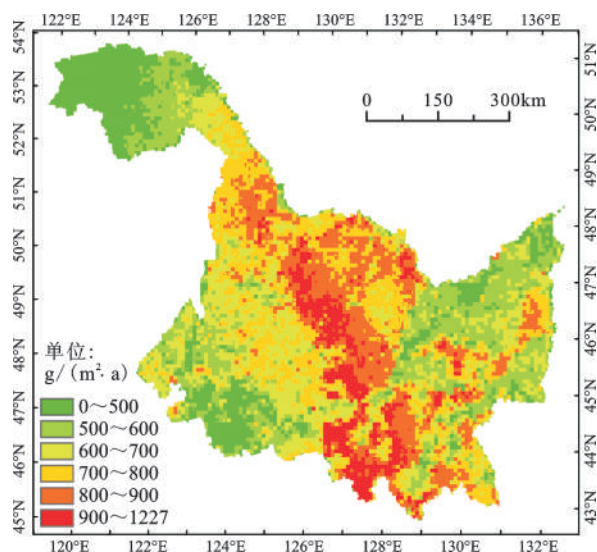


图7 黑龙江省2009年氧气生产量年总量空间分布

Fig.7 The spatial distribution of annual total oxygen production for Heilongjiang Province in 2009

1.468%,其次为大兴安岭地区、黑河市,减少率分别为5.657%,14.568%(表3)。

黑龙江省百年来96%的县域自然植被氧气生产量呈减少趋势,平均减少53.625%,减少幅度显著;只有3个县域呈增加趋势,平均增加3.128%,增加幅度较小。其中减少最多的是哈尔滨市,减少了98.973%,其次为双城、绥化均减少在95%以上,绥滨、兰西、拜泉、呼兰、依安减少在90%以上;伊春市增加最多,为4.633%,即百年来增加1/20(表4)。

黑龙江省百年自然植被氧气以西南部减少显著,东部三江平原减少也很明显,中部次之,西北部最少(图8)。百年来受人类活动影响自然植被减少明显区域,氧气生产量减少最明显。

3.3 黑龙江省百年氧气生产量变化原因分析

控制实验:假定黑龙江省百年来自然植被没有变化,即模拟过程采用1900年的植被信息,2009年实际气温和辐射,模拟黑龙江省区域氧气量生产量为 $37\,233.106 \times 10^4 \text{ t}$,而2009年实际氧气产量为 $21\,022.656 \times 10^4 \text{ t}$ (表2),二者之间相差 $16\,210.450 \times 10^4 \text{ t}$,百年自然植被减少,导致黑龙江省氧气生产量减少 $16\,210.45 \times 10^4 \text{ t}$;1900年实际氧气生产量 $33\,804.666 \times 10^4 \text{ t}$,二者相差 $3\,428.440 \times 10^4 \text{ t}$,即百年来植被不变,气候变暖和二氧化碳浓度增加引起氧气增加 $3\,428.440 \times 10^4 \text{ t}$ 。自然植被变化导致氧气生产量减少是气候变化导致氧气生产

表3 黑龙江省1900~2009年氧气生产量变化(10⁴t)

Table 3 Change of the oxygen production of Heilongjiang Province in 1900-2009(10⁴t)

行政区	1900年	2009年	减少率(%)	行政区	1900年	2009年	减少率(%)
齐齐哈尔	3312.439	587.277	-82.273	哈尔滨市	4361.336	2477.392	-43.196
大庆	1768.326	516.090	-70.815	七台河	452.374	275.947	-39.000
绥化	2846.297	1003.156	-64.756	牡丹江	3067.857	2377.387	-22.507
鹤岗	1599.737	593.640	-62.891	黑河	5286.488	4516.353	-14.568
佳木斯	2190.826	881.177	-59.779	大兴安岭	3841.733	3624.396	-5.657
鸡西	1522.799	722.976	-52.523	伊春	2704.386	2664.696	-1.468
双鸭山	1487.402	830.808	-44.144				

表4 黑龙江省县域氧气减少率(%)

Table 4 Reduction rate of oxygen in each county of Heilongjiang Province(%)

县市	减少率	县市	减少率	县市	减少率	县市	减少率	县市	减少率
哈尔滨	-98.973	肇源	-82.015	宾县	-62.654	鸡西	-37.347	孙吴	-15.274
双城	-96.849	佳木斯	-81.548	杜蒙	-62.647	鸡东	-37.199	尚志	-14.791
绥化	-95.297	肇东	-80.810	汤原	-62.460	勃利	-35.675	通河	-14.756
绥滨	-94.736	巴彦	-80.611	安达	-61.400	嫩江	-31.930	漠河	-14.296
兰西	-93.977	桦川	-80.046	同江	-60.223	北安	-31.380	绥芬河	-10.468
拜泉	-93.444	青冈	-79.079	林甸	-59.669	林口	-30.555	东宁	-9.829
呼兰	-91.532	集贤	-79.004	依兰	-57.018	双鸭山	-29.550	海林	-9.331
依安	-90.716	明水	-78.575	虎林	-51.932	五大连池	-28.471	嘉荫	-6.655
友谊	-89.589	克东	-77.435	七台河	-47.773	庆安	-27.621	铁力	-5.805
甘南	-88.695	海伦	-77.036	抚远	-47.123	延寿	-26.823	呼玛	-3.795
克山	-86.071	萝北	-72.699	桦南	-46.871	绥棱	-24.991	逊克	-0.441
肇州	-85.575	富裕	-70.676	阿城	-46.803	饶河	-24.964	塔河	0.498
龙江	-83.084	大庆	-70.395	宝清	-42.158	穆棱	-23.558	黑河	4.253
望奎	-82.830	齐齐哈尔	-68.744	牡丹江	-39.807	木兰	-22.832	伊春	4.633
讷河	-82.433	密山	-65.799	宁安	-39.322	方正	-16.189		

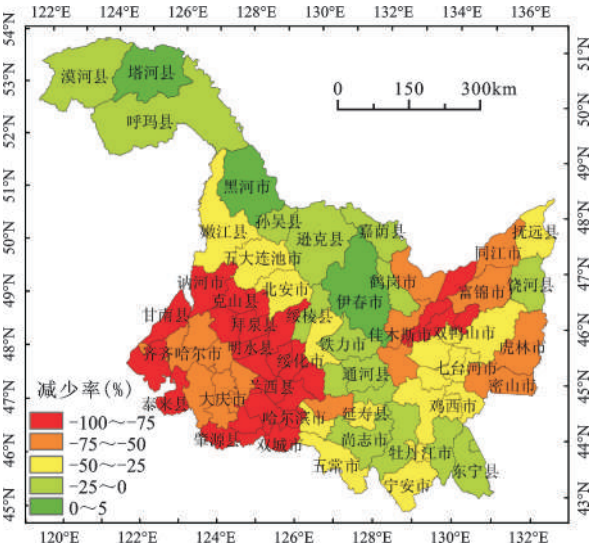


图8 黑龙江省1900~2009年县域氧气减少率分布
Fig.8 The spatial distribution of reduction rate of oxygen for Heilongjiang Province during 1900-2009

量增加的4.728倍。说明自然植被减少是区域氧气生产量减少的主要因素。

4 结论与讨论

4.1 讨论

1) 已有研究主要基于初级生产力和净初级生产力模拟氧气生产量,本文从植物光合作用和呼吸作用原理出发,基于净生态系统生产力(NEP)与氧气质量比估算氧气量,更具有机理性。已有研究主要估算了区域年总氧气生产量,而基于栅格的氧气生产量空间分布研究很少,本文实现了黑龙江省及各行行政区区域内氧气生产量空间分布和差异性分析。

2) 与已有研究成果相比较,由于估算氧气生产量方法不同,模拟结果有所差异。董雅文、陈波利用绿地生产氧气的经验系数,估算南京市、西湖

风景区年生产氧气量为 $1\,117 \times 10^4 \text{t}$ 、 $5.305 \times 10^4 \text{t}$ ^[7,8]；彭江颖、管东生等按照绿地初级生产力，估算珠江三角洲地区、广州市年初始氧气生产量为 $4\,860 \times 10^4 \text{t}$ 、 $224.2 \times 10^4 \text{t}$ ^[10,12]。以上研究结果中，管东生等采用碳氧平衡方法，与本文研究相似，但管东生等是基于初始生产力估算氧气生产量，所以估算值偏高。本文按净生态系统生产力估算，哈尔滨市年氧气生产量为 $100.637 \times 10^4 \text{t}$ ，如按初级生产力估算，应为 $161.619 \times 10^4 \text{t}$ 。相比与广州市年氧气生产量在一个量级，低于广州市，模拟结果合理。

3) 在模拟过程中，NDVI 是必要的输入参数，而 1900 年 NDVI 没有记载数据。本文在已有研究结论基础上，考虑到所能获取的植被分布图中，1986 年植被种类与 1900 年相同，且 1986 年 NDVI 可以获取。同时为避免年际异常值影响，将 1986 年的植被信息图与 1984~1988 年 5 a 的 NDVI 平均图叠加，同时考虑到植被分布的地带性，按纬度带分别获取各树种 NDVI，再按纬度和树种类型还原到 1900 年植被图中，获取黑龙江省 1900 年 NDVI 图。尽管考虑到纬度及不同树种类型及年际 NDVI 异常值影响，但与 1900 年实际 NDVI 分布仍有偏差。最终会影响氧气生产量模拟值及空间分析精度。

4) 以下 3 方面需要进一步研究及改进。一是决定大气氧气含量除氧气生产量外，人类呼吸、燃料燃烧、工业生产等还需要消耗大量氧气，因此区域内氧气生产量与消耗量之差，即氧气净增加量最终决定大气中氧气含量；二是大气是流动的，不仅有水平交换也有垂直方向的交换，将区域氧气生产量在考虑大气交换条件下，折算为大气中的氧气含量，还是个很复杂的过程；三是缺乏长期观测资料，很难对区域氧气生产量模拟结果进行验证。

4.2 结 论

1) 1900 年黑龙江省自然植被全年生产氧气量为 $33\,804.666 \times 10^4 \text{t}$ ，2009 年全年生产氧气量为 $21\,022.656 \times 10^4 \text{t}$ ，经过百年植被变化，黑龙江省绿色植被生产的氧气量减少 37.8%。

2) 黑龙江省 1900 和 2009 年全年氧气生产量空间分布趋势相似，但空间变化明显。黑龙江省西部及西南部由 1900 年的高值区变为 2009 年的低值区，氧气减少显著，东部三江平原减少也很明显。

3) 全省县域氧气生产量基本呈减少趋势，减少幅度明显，平均在 50% 以上。相比而言，只有伊

春、黑河、塔河市呈增加趋势，增加不明显，平均增加不到 5%。其中减少最多的是哈尔滨市，双城、绥化、绥滨、兰西、拜泉、呼兰、依安等均减少在 90% 以上。

4) 控制实验结果表明，百年自然植被导致黑龙江省氧气生产量减少 $16\,210.45 \times 10^4 \text{t}$ ；气候变化引起氧气生产量增加了 $3\,428.44 \times 10^4 \text{t}$ 。自然植被变化导致氧气生产量减少是气候变化导致氧气生产量增加的 4.728 倍。说明自然植被减少是区域氧气生产量减少的主要因素。

参考文献:

- [1] 陈一文. 对人类持续安全健康生存, 大气“氧气枯竭”造成比“全球温室效应”更为严重恶果[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18: 286~290.
- [2] Bekker A, Holland H D, Wang P L, et al. Dating the rise of atmospheric oxygen[J]. Nature, 2004, 427(8): 117~120.
- [3] Colin G O, Timothy M, Lenton A J, et al. Disability of atmospheric oxygen and great oxidation[J]. Nature, 2006, 443(12): 683~686.
- [4] 周后福. 气候变化对人体健康影响的综合指标探讨[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(1): 121~126.
- [5] 云雅如, 方修琦, 田 青, 等. 黑龙江省漠河县乡村人群对气候变化的感知方式与认知结果[J]. 地理科学, 2009, 25(2): 745~749.
- [6] 刘光立, 陈其兵. 成都市四种垂直绿色植物生态学效应研究[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2004, 25(3): 259~261.
- [7] 董雅文. 城市生态的氧平衡研究以南京市为例[J]. 城市环境与城市生态, 1995, 8(1): 17~19.
- [8] 陈 波, 卢 山. 杭州西湖风景区绿地生态服务功能价值评估[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2009, 35(6): 686~690.
- [9] 马巾英, 尹 锴, 吝 涛. 城市复合生态系统碳氧平衡分析[J]. 环境科学学报, 2011, 31(8): 1808~1816.
- [10] 彭江颖. 珠江三角洲植被对区域碳氧平衡的作用[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2003, 42(5): 105~108.
- [11] Ao Cbari H. Shade trees reduce building energy use and CO₂ emissions from power plants[J]. Environmental Pollution, 2003, 116(1): 119~126.
- [12] 管东生, 陈玉娟, 黄芬芳. 广州市绿地系统碳的储存、分布及其在碳氧平衡中的作用[J]. 中国环境科学, 1998, 18(5): 437~441.
- [13] 郑聚锋, 潘根兴, 吴新民. 升金湖枯水期滩地土壤 CO₂-C 释放通量及有机碳稳定性研究[J]. 湿地科学, 2011, 9(2): 132~139.
- [14] 李景文. 黑龙江森林[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993.
- [15] 周淑贞. 气象学与气候学[M]. 上海: 高等教育出版社, 2003.
- [16] 方修琦, 张学珍, 戴玉娟, 等. 1951~2005 年中国大陆冬季温度变化过程的区域差异[J]. 地理科学, 2010, 30(4): 571~576.
- [17] 黄治钟, 潘毅群. 一种基于统计的逐时太阳辐射数据计算方法[C]//上海市制冷学会. 中国制冷学会 2008 年学术年会论文集. 北京: 中国建筑出版社, 2008: 105~109.
- [18] 陈云浩, 李晓兵, 陈 晋, 等. 1983~1992 年中国陆地植被 NDVI

- 演变特征的变化矢量分析[J].遥感学报,2002,6(1):12~19.
- [19] 陈怀亮,邹春辉,刘玉洁,等.1981~2001年中国黄淮海地区植被NDVI变化特征及其与气候的关系[C]//中国气象学会.2005年年会论文集.北京:气象出版社,2005:3670~3680.
- [20] 侯西勇,应兰兰,高 猛,等.1998~2008年中国东部沿海植被覆盖变化特征[J].地理科学,2010,30(5):735~741.
- [21] 毛德华,王宗明,韩佑兴,等.1982~2010年中国东北地区植被NPP时空格局及驱动因子分析[J].地理科学,2012,32(9):1106~1111.
- [22] 卢 玲.中国西部净初级生产力及碳循环研究[D].北京:中国科学院研究生院,2003.
- [23] 张冬有.黑龙江省森林植被净初级生产力遥感估算研究[D].北京:北京林业大学,2009.
- [24] IPCC. Climate Change 1995:The science of climate (Report of Working Group (1)[M].New York: Cambridge University Press, 1996.
- [25] 杨 周,林振山.北半球过去2000年气温变化的多尺度分析[J].地理科学,2010,30(2): 295~299.

The Century Dynamics Comparison of Oxygen Production of The Natural Vegetation in Heilongjiang Province

ZHANG Li-juan¹, JIANG Chun-yan¹, MA Jun¹, YAN Xiao-dong², ZHANG An-kang¹, JIANG Lan-qi¹

(1. Key Laboratory of Remote Sensing Monitoring of Geographic Environment, College of Heilongjiang Province, Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150025, China; 2. Key Laboratory of Regional Climate-Environment for East Asia(RCE-TEA), Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029,China)

Abstract: With the development of climate change research, the oxygen concentration in the atmosphere has attracted more and more attentions. This study attempts to estimate and compare regional oxygen production using the ratio of the net ecosystem productivity and oxygen mass according to the principles of the plant photosynthesis and respiration. The total amount and spatial distribution of the century dynamics of the vegetation oxygen production in Heilongjiang Province are estimated by employing the C-FIX model and spatial analysis function in ArcGIS based on the vegetation spatial distribution of Heilongjiang Province, in 1900 and 2009. The results show that: 1) the total amount of the vegetation oxygen production of Heilongjiang Province in 1900 is 338.05 million tons. The total amount of the vegetation oxygen production in 2009 is 210.23 million tons. The vegetation oxygen production decreased about 37.8% with the vegetation deductions in the past one hundred years. 2) The spatial distribution trend of the oxygen production in Heilongjiang Province, 1900 and 2009 are pretty similar. However, they have significant spatial distribution variability. The western and southwestern part of Heilongjiang Province shifted from high oxygen production region in 1900 to low oxygen production region in 2009. The oxygen production in the eastern part, the Sanjiang Plain, has also decreased significantly. 3) The oxygen production trends to decrease at county level in Heilongjiang Province, and the average decrease rate are over 50%. In contrast, Yichun, Heihe and Tahe show increasing trend, but not significantly, and the average decrease rate is less than 5%. The most significantly decreased cities are Harbin, Shuangcheng, Suihua, Suibin, Lanxi, Baiquan, Hulan, and Yi'an, and the average decrease rate is over 90%. 4) The results of control experiments show that, the century vegetation deduction caused about 162.10 million tons decrease of the oxygen production. The oxygen production increased about 34.28 million tons due to the climate change. The amount of the oxygen production decreased by vegetation change is about 4.728 times of the oxygen production increment caused by climate change. In summary, the vegetation deduction is the main reason for the regional oxygen production decrement.

Key words: regional oxygen production; change of vegetation for hundred years; Heilongjiang Province