

基于碳储量测定的低碳高效城市园林绿化建设思路探讨

——以杭州西湖风景名胜区为例

章银柯^{1,2}, 马婕婷³, 王 恩¹, 包志毅⁴

(1. 杭州植物园, 浙江 杭州 310013; 2. 北京林业大学, 北京 100083;
3. 上海泛亚易道景观规划设计有限公司, 上海 200031; 4. 浙江农林大学, 浙江 临安 311300)

摘 要:参考林业碳汇的方法,采用样地法、文献研究以及专家访谈等方式,对杭州西湖风景名胜区15个典型绿地的长期固碳量进行了测定分析,从而得出了一些可用于指导杭州乃至华东地区城市建设低碳高效绿地的建议,以期为今后开展低碳高效的城市园林绿化建设提供参考。
关键词:碳储量; 低碳; 园林绿化; 建设思路
中图分类号:S731.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2013)01-0221-06

Discussion on Low Carbon Efficient Urban Landscape Construction Thought Based on Carbon Storage Determination—A Case Study of West Lake Scenic in Hangzhou

ZHANG Yin-ke^{1,2}, MA Jie-ting³, WANG En¹, BAO Zhi-yi⁴

(1. Hangzhou Botanical Garden, Hangzhou, Zhejiang 310013, China; 2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
3. EDFA (ASIA) Design Limited in Shanghai, Shanghai 200031, China; 4. Zhejiang A&F University, Lin'an, Zhejiang 311300, China)

Abstract:Based on referring forestry carbon sink method, long-term solid carbon of 15 typical green spaces in the West Lake scenic area in Hangzhou was measured and analyzed by using method of sampling, literature research and expert interviewing. Suggestions to guide the low carbon efficient green space construction in Hangzhou and eastern China were given to provide references for the construction of the low carbon efficient urban green space in future.
Key words:carbon storage; low carbon; landscape; construction thought

随着低碳经济理念的逐步深入人心,发展低碳经济、建设低碳城市已经成为世界各地发展的新方向,为此,积极倡导低碳高效的城市园林绿化建设,显得尤为迫切和重要。杭州作为著名的风景旅游城市,自古拥有卓越的山水风情与自然资源。其“三面云山一面城”的独特地理条件所促成的风景园林营造基础,是其他城市难以匹敌的。因此,杭州更具有发展低碳城市园林的先天优势。特别是随着杭州西湖顺利加入世界文化遗产,切实开展低碳园林绿地建设、积极推进西湖自然景观的保护利用,努力加快杭州低碳城市建设进程,显得尤为迫切和重要。

园林植物作为园林的主要构成部分,是园林能否实现低碳建设的主导因素,以低碳为出发点的园

林植物景观设计在理论研究方面,目前还处于起步阶段,符合低碳经济需求的成果较少。为此,以杭州西湖风景区绿地为研究对象,以园林植物的固碳效益评价为研究内容,应用定量分析与测试为研究手段,以城市园林绿化生态效益及园林植物景观设计相关原理为理论内涵,对基于碳储量测定的低碳高效城市园林绿化建设模式进行了探讨。

1 材料与方法

1.1 材料

在总结与分析前人对杭州西湖风景名胜区植物景观研究资料的基础上^[1-2],选取建于不同年代、以植物景观为主、且具有代表性的15个园林绿地作为

样地(表 1),于 2010 年秋季进行测定。

表 1 样地所在公园与建造或开园年份

样地 编号	样地名称	所在公园	建造或开园 年份
1	藏山阁草坪	花港观鱼	1954
2	雪松大草坪	花港观鱼	1954
3	牡丹亭草坪	花港观鱼	1954
4	悬铃木草坪	花港观鱼	1954
5	南门口草坪	花港观鱼	1954
6	茶室前草坪	花港观鱼	1963
7	蒋庭院草坪	花港观鱼	1981
8	人口垂柳林	柳浪闻莺	2002
9	友谊园樱花草坪	柳浪闻莺	1963
10	闻莺馆前大草坪	柳浪闻莺	1959
11	水榭边三角枫草坪	曲院风荷	1983
12	福井园	曲院风荷	1993
13	望山坪草坪	太子湾	1992
14	逍遥坡草坪	曲院风荷	1992
15	琵琶洲草坪	曲院风荷	1992

1.2 方法

1)参考林业碳汇的方法^[3-6],用样地法测算植物的地上生物量,具体方法是记录样地内每一棵树木的名称、高度、胸径;随即采用这些数据,运用一定的计算方法和公式换算,获取树木固碳量相关数据^[7]。

2)通过查阅样地的历史文献与采访相关园林管理部门及专家,来估算建园时该植物的总生物量;将其结果减去之前得到的目前该植物的生物量,可以得到该树木的长期生物量增加值,最终换算得到该树木的长期净固碳量。

3)因为灌木和草本的生物量测算必须以砍伐的方法^[8],且灌木和草本对于样地内长期固碳量的贡献并不大,为此,从保守估算的角度出发,这 2 类植物的固碳量未计算在本次研究的范围内,测算对象以乔木为主。

1.3 仪器设备

OPTI-LOGIC(400LH)红外线测高仪、胸径卷尺、皮尺等。

1.4 数据处理及分析

1.4.1 计算方法与相关公式 树木的体积(树干材积 V)^[8]

$$V=g_{1.3}(H+3)f_g$$

(1)

式中: f_g :实验形数, V :树干材积, $g_{1.3}$:胸高断面面积, H :树高。

树干重量(P)

$$P=V\times\text{木材密度}$$

(2)

树木树干生物量

$$\text{树干生物量}=P\times\text{重量与生物量之间转换的缺省因子}$$

(3)

用 IPCC 生物量扩展因子(BEF)缺省值^[9]、生物量转换与扩展因子缺省值、树木根茎比缺省值得出树木整体的生物量。树木的地上生物量=树干的生物量×IPCC 生物量扩展因子(BEF)缺省值。树

木的地下生物量=树木的地上生物量×IPCC 树木根茎比(R)缺省值=蓄积量(材积)×IPCC 生物量转换与扩展因子(BCEF)缺省值;树木整体的生物量=树木的地上生物量+树木的地下生物量。然后计算树木的碳储量与固碳量,树木的碳储量=树木整体的生物量×IPCC 含碳率(CF)缺省值;树木的长期净固碳量=实测碳储量-原始碳储量;树木的年平均净固碳量=树木的长期净固碳量/年数;样地的长期净固碳量=所有树木的长期净固碳量之和。单位面积长期净固碳量分两种情况计算。A:样地的单位面积长期净固碳量=样地的长期净固碳量/样地面积;B:树木群落的单位面积长期净固碳量=树木群落内树木的长期净固碳量之和/树木群落所覆盖的面积。年平均单位面积净固碳量=单位面积净固碳量/年数。

1.4.2 缺省值 在碳计量过程中,由于测算的难度较高,很难通过亲自测算来获取第一手的数据,所以通常采用国家和 IPCC 碳计量参数的缺省值,且这些缺省值都必须采用相对保守的参数。本研究中所引用的缺省值均来自国家和 IPCC 碳计量参数的缺省值(表 2~表 5)。

表 2 木材密度国家缺省值

Table 2 National parameter of wood density		
树种森林类型	木材密度 /(t · m ⁻³)	BEF
红松	0.396	1.45
冷杉	0.366	1.72
云杉	0.342	1.72
柏木	0.478	1.80
落叶松	0.490	1.40
樟子松	0.375	1.88
油松	0.360	1.59
华山松	0.396	1.96
马尾松	0.380	1.46
云南松	0.483	1.74
铁杉	0.442	1.84
赤松	0.414	1.68
黑松	0.493	
油杉	0.448	
思茅松	0.454	1.58
高山松	0.413	
杉木	0.307	1.53
柳杉	0.294	1.55
水杉	0.278	1.49
水胡黄	0.464	1.29
樟树	0.460	1.42
楠木	0.477	
栎类	0.676	1.56
桦木	0.541	1.37
椴树类	0.420	1.41
檫树	0.477	1.70
硬阔类	0.598	1.79
桉树	0.578	1.48
杨树	0.378	1.59
桐树	0.239	3.27
杂木	0.515	1.30
软阔类	0.443	1.54

注:数据来源于中国初始国家信息通报:土地利用变化和林业温室气体清单,本表中的参数将在第二次国家信息通报中更新。

表 3 IPCC 碳含量缺省值

Table 3 IPCC parameter of carbon content

气候带	树种	碳含量	
		平均值	范围
热带和亚热带	所有树种	0.47	0.44~0.49
温带和寒温带	所有树种	0.47	0.44~0.49
	阔叶树种	0.48	0.46~0.50
	针叶树种	0.51	0.47~0.55

注:数据来源于 2006 IPCC 国家温室气体清单指南:农业、林业和其他土地利用。

表 4 IPCC 生物量扩展因子(BEF)缺省值

Table 4 IPCC parameter of BEF

气候带	森林类型	生物量扩展因子	
		平均值	范围
热带	松树林	1.30	1.20~4.00
	阔叶林	3.40	2.00~9.00
温带	云杉林	1.30	1.15~4.20
	松树林	1.30	1.15~3.40
寒温带	阔叶林	1.40	1.15~3.20
	针叶林	1.40	1.15~3.80
	阔叶林	1.30	1.15~4.20

注:数据来源于 IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南。

1.4.3 数据分析 根据获得的树木、样地和树木群落的长期净固碳量及年平均单位面积净固碳量,进行比较分析,最终得出适合杭州地区的低碳城市园林树木名录和低碳城市园林植物景观规划与设计导则。

2 结果与分析

2.1 树木长期固碳效应比较分析

根据数据分析,对所有样地中树木的年平均净

表 5 IPCC 树木根茎比缺省值

Table 5 IPCC parameter of the ratio between root and stem

气候带	生态区划/ 森林类型	地上生物量 /(t·hm ⁻²)	根茎比	
			平均值	范围
热带	热带雨林		0.37	
	热带湿润森林	<125	0.20	0.09~0.25
		>125	0.24	0.22~0.33
	热带干旱森林	<20	0.56	0.28~0.68
		>20	0.28	0.27~0.28
	热带灌丛		0.40	
亚热带	热带山地生态系统		0.27	0.27~0.28
	亚热带湿润森林	<125	0.20	0.09~0.25
		>125	0.24	0.22~0.33
	亚热带草地		0.32	0.26~0.71
	针叶林	<50	0.40	0.21~1.06
温带		50~150	0.29	0.24~0.50
		>150	0.20	0.12~0.49
	栎类	>70	0.30	0.20~1.16
	桉树	<50	0.44	0.29~0.81
		50~150	0.28	0.15~0.81
		>150	0.20	0.10~0.33
寒温带	其他阔叶林	<75	0.46	0.12~0.93
		75~150	0.23	0.13~0.37
		>150	0.24	0.17~0.44
		<75	0.39	0.23~0.96
		>75	0.24	0.15~0.37

注:数据来源于 2006 IPCC 国家温室气体清单指南:农业、林业和其他土地利用。

固碳量进行排序,并对在不同样地上的相同树种的年平均净固碳量取平均值,可获得每个树种的长期固碳效应排序(表 6)。

表 6 树木长期固碳效应排序

Table 6 Long-term carbon fixed effects of the different trees species

排名	树种	树木的年平均净固碳量 /(kg·a ⁻¹)	排名	树种	树木的年平均净固碳量 /(kg·a ⁻¹)
1	乐昌含笑(<i>Michelia chapensis</i>)	12.90	26	湿地松(<i>Pinus elliotii</i>)	1.33
2	珊瑚朴(<i>Celtis julianae</i>)	11.75	27	紫叶李(<i>Prunus cerai fera</i>)	1.21
3	悬铃木(<i>Platanus</i> × <i>acerifolia</i>)	11.71	28	合欢(<i>Albizzia julibrissin</i>)	1.21
4	沙朴(<i>Celtis sinensis</i>)	8.51	29	浙江楠(<i>Phoebe chekiangensis</i>)	1.17
5	水杉(<i>Metasequoia glyptostroboides</i>)	6.13	30	枸骨(<i>Ilex cornuta</i>)	1.15
6	黄山栎树(<i>Koelreuteria paniculata</i>)	5.88	31	金钱松(<i>Pseudolarix amabilis</i>)	0.95
7	乌桕(<i>Sapium sebi ferum</i>)	5.77	32	小花石楠(<i>Photinia parviflora</i>)	0.89
8	枫杨(<i>Pterocarya stenoptera</i>)	5.10	33	白玉兰(<i>Magnolia denudata</i>)	0.86
9	香樟(<i>Cinnamomum camphora</i>)	4.89	34	柞木(<i>Xylosma japonicum</i>)	0.76
10	榔榆(<i>Ulmus parvifolia</i>)	4.67	35	樱花(<i>Prunus serrulata</i>)	0.74
11	杜英(<i>Elaeocarpus sylvestris</i>)	4.44	36	红枫(<i>Acer palmatum</i>)	0.56
12	薄壳山核桃(<i>Carya illinoensis</i>)	4.37	37	含笑(<i>Michelia figo</i>)	0.44
13	雪松(<i>Cedrus deodara</i>)	4.19	38	鸡爪槭(<i>Acer palmatum</i>)	0.44
14	龙柏(<i>Juniperus chinensis</i>)	3.82	39	红茴香(<i>Illicium henryi</i>)	0.43
15	鹅掌楸(<i>Liriodendron chinense</i>)	3.80	40	二乔玉兰(<i>Magnolia soulangeana</i>)	0.41
16	枳椇(<i>Hovenia acerba</i>)	3.39	41	玉兰(<i>Magnolia denudata</i>)	0.38
17	朴树(<i>Celtis sinensis</i>)	3.27	42	蜡梅(<i>Chimonanthus praecox</i>)	0.37
18	三角枫(<i>Acer buergerianum</i>)	2.96	43	北美红杉(<i>Sequoia sempervirens</i>)	0.35
19	广玉兰(<i>Magnolia grandiflora</i>)	2.61	44	棕榈(<i>Trachycarpus fortunei</i>)	0.26
20	无患子(<i>Sapindus mukorossi</i>)	2.56	45	小蜡(<i>Ligustrum sinense</i>)	0.11
21	银杏(<i>Ginkgo biloba</i>)	2.30	46	木瓜(<i>Chaenomeles sinensis</i>)	0.10
22	黑松(<i>Pinus thunbergii</i>)	2.11	47	垂丝海棠(<i>Malus halliana</i>)	0.10
23	垂柳(<i>Salix babylonica</i>)	1.89	48	羽毛枫(<i>Acer palmatum</i> ‘Dissectum’)	0.06
24	桂花(<i>Osmanthus fragrans</i>)	1.80	49	紫薇(<i>Lagerstroemia indica</i>)	0.04
25	枫香(<i>Liquidambar formosana</i>)	1.43	50	红羽毛枫(<i>Acer palmatum</i> ‘Ornatum’)	0.03

由表 6 可知,在未来杭州城市营造低碳高效的园林绿地时,应尽可能选择表中年平均净固碳量高的树种,从而达到固碳效益的最佳状态。

2.2 样地长期固碳效应比较分析

每块样地的年平均单位面积净固碳量能够真实地反映其长期固碳效应,为此,对所有样地的这一数值进行排序,可以明确显示每块样地长期固碳效应

的高低(表 7)。

由表中数据分析可知,适度增加植物景观空间的空间围合度,能够有效提升该植物景观空间的长期固碳效应;在保证适度美学要求的基础上,应适度控制植物景观空间的面积,面积过大反而会降低其长期固碳效应;尽量提高植物景观空间的树木覆盖度,能有效增强其长期固碳效应。

表 7 样地长期固碳效应排序
Table 7 Long-term carbon fixed effects of the sample space

排名	样地名称	所在公园	建造年份	时间尺度/a	样地的长期净固碳量/kg	样地面积/m ²	样地的单位面积长期净固碳量/(kg·m ⁻²)	样地的年平均单位面积净固碳量/(kg·m ⁻² ·a ⁻¹)
1	蒋庄庭院草坪	花港观鱼	1981	29	1 351.38	333.85	4.05	0.139 6
2	福井园	曲院风荷	1993	17	5 356.12	3 359.92	1.59	0.093 8
3	入口垂柳林	柳浪闻莺	2002	8	745.66	1 839.70	0.41	0.050 7
4	望山坪草坪	太子湾	1992	18	7 262.15	8 623.13	0.84	0.046 8
5	水榭边三角枫草坪	曲院风荷	1983	27	3 610.20	3 165.92	1.14	0.042 2
6	琵琶洲草坪	太子湾	1992	18	2 148.47	2 946.07	0.73	0.040 5
7	友谊园樱花草坪	柳浪闻莺	1963	37	12 458.16	8 382.49	1.49	0.040 2
8	悬铃木草坪	花港观鱼	1954	66	5 813.77	2 794.40	2.08	0.031 5
9	牡丹亭草坪	花港观鱼	1954	66	4 132.24	2 432.19	1.70	0.025 7
10	藏山阁草坪	花港观鱼	1954	66	10 127.43	6 194.79	1.63	0.024 8
11	茶室前草坪	花港观鱼	1963	37	3 999.08	4 643.58	0.86	0.023 3
12	逍遥坡草坪	太子湾	1992	18	2 855.59	6 830.46	0.42	0.023 2
13	闻莺馆前大草坪	柳浪闻莺	1959	51	15 835.57	14 649.13	1.08	0.021 2
14	南门入口草坪	花港观鱼	1954	66	5 761.63	4 673.20	1.23	0.018 7
15	雪松大草坪	花港观鱼	1954	66	14 277.87	14 080.82	1.01	0.015 4

2.3 树木群落长期固碳效应比较分析

在植物景观规划与设计实践中,树木群落的组合设计往往作为最基本的设计单元,对植物景观空间的营造起到举足轻重的作用。基于每块样地的空间研究,将数据分析细化到对每块样地上的典型树木群落,如太子湾的望山坪草坪内就可以分为 4 个典型树木群落进行分析(图 1)。这些树木群落分散在每块样地之上,不仅是样地空间的构成要素,更是样地固碳效应的基本组成部分。同样地,根据所获得的树木群落年平均单位面积净固碳量,对所有样地上的所有典型树木群落的这一数值进行排序,可以得出不同类型树木群落的长期固碳效应差异(表 8)。

由表 8 可知,增加高大乔木层在树木群落中的比例,可有效提升树木群落的长期固碳效应;营建层次丰富的树木群落,能够有效加强树木群落的长期固碳效应;提高树木群落的栽植密度,形成紧密厚实的树木群落,可产生较高的长期固碳效应;选择适合地区生长且长期固碳效应高的树木作为树木群落的主干树种,是使该树木群落具有较高长期固碳效应的有效途径。



图 1 太子湾望山坪草坪的树木群落分布
Fig.1 Trees community distribution in Wangshanping of West Lake

3 结论与讨论

通过研究发现,建设低碳、高效的杭州城市园林绿地,可以从树种选择、植物配置、群落结构等方面进行着手,应尽可能选择固碳能力强的园林树种作为植物景观营造的主体和骨架树种,综合空间、美学、树种特性等各种因素,努力营造层次丰富的群落结构。

表 8 树木群落长期固碳效应排序

Table 8 Long-term carbon fixed effects of the trees community

排名	树木群落名称	所在公园	建造年份	时间 尺度/a	树群的长期 净固碳 量/kg	树群面积 /m ²	单位面积 长期净 固碳量 /(kg·m ⁻²)	年平均 单位面积 净固碳量 /(kg·m ⁻² ·a ⁻¹)
1	福井园-2	曲院风荷	1993	17	3 761.62	712.76	5.28	0.310 44
2	福井园-4	曲院风荷	1993	17	1 547.08	403.32	3.84	0.225 64
3	望山坪草坪-1	太子湾	1992	18	5 965.83	1 521.15	3.92	0.217 88
4	蒋庄庭院草坪-1	花港观鱼	1981	29	496.52	85.42	5.81	0.200 44
5	福井园-1	曲院风荷	1993	17	881.69	347.02	2.54	0.149 46
6	茶室前草坪-4	花港观鱼	1963	37	881.76	199.91	4.41	0.119 21
7	茶室前草坪-3	花港观鱼	1963	37	631.40	154.17	4.10	0.110 69
8	入口垂柳林-1	柳浪闻莺	2002	8	745.66	852.70	0.87	0.109 31
9	牡丹亭草坪-3	花港观鱼	1954	66	1 927.88	274.47	7.02	0.106 42
10	友谊园樱花草坪-4	柳浪闻莺	1963	37	4 537.09	1 155.92	3.93	0.106 08
11	藏山阁草坪-6	花港观鱼	1954	66	1 361.13	195.56	6.96	0.105 46
12	藏山阁草坪-1	花港观鱼	1954	66	1 648.15	268.67	6.13	0.092 95
13	茶室前草坪-1	花港观鱼	1963	37	1 819.03	557.58	3.26	0.088 17
14	友谊园樱花草坪-3	柳浪闻莺	1963	37	4 116.72	1 415.09	2.91	0.078 63
15	望山坪草坪-2	太子湾	1992	18	1 096.94	826.37	1.33	0.073 75
16	藏山阁草坪-2	花港观鱼	1954	66	4 761.56	985.12	4.83	0.073 23
17	闻莺馆前大草坪-5	柳浪闻莺	1959	51	926.40	252.73	3.67	0.071 87
18	悬铃木草坪-1	花港观鱼	1954	66	1 321.94	304.45	4.34	0.065 79
19	南门入口草坪-5	花港观鱼	1954	66	504.12	122.10	4.13	0.062 56
20	雪松大草坪-3	花港观鱼	1954	66	6 749.71	1 701.11	3.97	0.060 12
21	牡丹亭草坪-1	花港观鱼	1954	66	2 617.89	692.37	3.78	0.057 29
22	闻莺馆前大草坪-3	柳浪闻莺	1959	51	2 514.35	898.68	2.80	0.054 86
23	悬铃木草坪-2	花港观鱼	1954	66	4 783.76	1 323.96	3.61	0.054 75
24	藏山阁草坪-5	花港观鱼	1954	66	2 031.31	569.94	3.56	0.054 00
25	逍遥坡草坪-3	太子湾	1992	18	1 936.63	2 189.39	0.88	0.049 14
26	琵琶洲-3	太子湾	1992	18	255.83	291.87	0.88	0.048 70
27	友谊园樱花草坪-1	柳浪闻莺	1963	37	2 143.55	1 203.52	1.78	0.048 14
28	闻莺馆前大草坪-7	柳浪闻莺	1959	51	650.66	270.05	2.41	0.047 24
29	茶室前草坪-2	花港观鱼	1963	37	792.46	453.87	1.75	0.047 19
30	闻莺馆前大草坪-6	柳浪闻莺	1959	51	1 947.57	829.45	2.35	0.046 04
31	逍遥坡草坪-1	太子湾	1992	18	568.36	754.22	0.75	0.041 87
32	南门入口草坪-4	花港观鱼	1954	66	2 793.27	1 034.21	2.70	0.040 92
33	闻莺馆前大草坪-2	柳浪闻莺	1959	51	2 042.11	1 030.98	1.98	0.038 84
34	南门入口草坪-3	花港观鱼	1954	66	812.71	331.02	2.46	0.037 20
35	友谊园樱花草坪-2	柳浪闻莺	1963	37	976.67	746.04	1.31	0.035 38
36	南门入口草坪-2	花港观鱼	1954	66	1 588.31	689.48	2.30	0.034 90
37	藏山阁草坪-3	花港观鱼	1954	66	628.21	273.38	2.30	0.034 82
38	琵琶洲-2	太子湾	1992	18	593.59	1 010.52	0.59	0.032 63
39	福井园-3	曲院风荷	1993	17	79.91	145.59	0.55	0.032 29
40	雪松大草坪-2	花港观鱼	1954	66	4 465.78	2 138.11	2.09	0.031 65
41	闻莺馆前大草坪-4	柳浪闻莺	1959	51	1 069.07	768.57	1.39	0.027 27
42	雪松大草坪-1	花港观鱼	1954	66	3 642.69	2 080.68	1.75	0.026 53
43	琵琶洲-4	太子湾	1992	18	565.28	1 209.74	0.47	0.025 96
44	藏山阁草坪-4	花港观鱼	1954	66	476.21	290.13	1.64	0.024 87
45	逍遥坡草坪-2	太子湾	1992	18	266.78	606.93	0.44	0.024 42
46	琵琶洲-1	太子湾	1992	18	206.00	555.50	0.37	0.020 60
47	南门入口草坪-1	花港观鱼	1954	66	242.79	198.84	1.22	0.018 50
48	望山坪草坪-3	太子湾	1992	18	105.49	521.12	0.20	0.011 25
49	闻莺馆前大草坪-1	柳浪闻莺	1959	51	2 891.42	7 867.32	0.37	0.007 21
50	望山坪草坪-4	太子湾	1992	18	61.44	1 216.70	0.05	0.002 81
51	牡丹亭草坪-2	花港观鱼	1954	66	21.25	172.13	0.12	0.001 87

对于低碳高效的城市园林绿地建设,努力选择固碳能力强的园林树种作为绿地的骨干树种固然重要,但事实上,努力减少园林苗木培育、施工种植及后期园林养护中的碳排放才是重中之重。为此,不仅要在培育苗木时尽可能选择固碳能力强的树种,而且要尽可能选择易养护、耐瘠薄、节水型树种,注重乡土树种开发应用,并在具体施工种植、园林养护等一系列园林苗木生产过程中注重节能高效,降低养护成本,减少碳排放^[10]。

充分利用各种宣传途径和手段,加大宣传的广度和深度,特别是要着力培养园林建设单位、施工单位、养护单位以及苗木生产单位人员的低碳园林建设意识,使得低碳园林建设理念深入人心,从而保障低碳园林建设事业的全面发展。

建设低碳园林,同样需要资金的保障。一方面,是用于低碳园林建设理论的深入研究,另一方面则是积极开展低碳园林绿地的示范应用,并逐渐在杭州乃至华东地区加以推广,以发挥低碳园林绿地的固碳及其他生态效益。

参考文献:

[1] 吴文. 杭州西湖风景名胜区的历史沿革与发展研究(1949—2004)[D]. 北京:清华大学,2004.

[2] 陈波. 杭州西湖园林植物配置研究[D]. 杭州:浙江大学,2006.

[3] 张小全,武曙红. 林业碳汇项目理论与实践[M]. 北京:中国林

(上接第 133 页)

GAO Q Y, MEI P, CHEN W, *et al.* Development on synthesis and application of imidazoline corrosion inhibitor[J]. Chemical Engineer, 2006, 20(5): 18-24. (in Chinese)

[6] 朱镭, 于萍, 罗运柏. 咪唑啉缓蚀剂的研究与应用进展[J]. 材料保护, 2003, 36(12): 4-7.

ZHU L, YU P, LUO Y B. Research progress in imidazoline as corrosion inhibitor[J]. Materials Protection, 2003, 36(12): 4-7. (in Chinese)

[7] DL/T 523-2007, 化学清洗缓蚀剂应用性能评价指标及试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2007.

[8] 袁志发, 周静学. 试验设计与分析[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.

[9] 彭少兵, 王得祥, 彭舜磊. 用正交设计优化四翅滨藜的育苗方法

业出版社, 2010.

[4] 赵林, 殷鸣放, 陈晓非, 等. 森林碳汇研究的计量方法及研究现状综述[J]. 西北林学院学报, 2008, 23 (1): 59-63.

ZHAO L, YIN M F, CHEN X F, *et al.* Summary of the research methods of forest carbon sink accounting[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23 (1): 59-63. (in Chinese)

[5] 刘常富, 赵爽, 李玲, 等. 沈阳城市森林固碳和污染物净化效益差异初探[J]. 西北林学院学报, 2008, 23 (4): 56-61.

LIU C F, ZHAO S, LI L, *et al.* Difference analysis of carbon fixation and pollution removal of urban forest in Shenyang [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23 (4): 56-61. (in Chinese)

[6] 杨晓菲, 鲁绍伟, 饶良懿, 等. 中国森林生态系统碳储量及其影响因素研究进展[J]. 西北林学院学报, 2011, 26 (3): 73-78.

YANG X F, LU S W, RAO L Y, *et al.* Advances in the Researches of carbon storage of forest ecology and related factors in China[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26 (3): 73-78. (in Chinese)

[7] RAVINDRANATH N H, MADELENE O. 林业碳汇计算[M]. 李怒云, 吕佳, 译. 北京: 中国林业出版社, 2009.

[8] 浙江省林业学校. 测树学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1984.

[9] 国家林业局应对气候变化和节能减排工作领导小组办公室. 中国绿色碳基金造林项目碳汇计量与监测指南[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.

[10] 俞孔坚. 节约型城市园林绿地理论与实践[J]. 风景园林, 2007 (1): 55-64.

YU K J. Principles and practices of affordable urban green space [J]. Landscape Architecture, 2007(1): 55-64. (in Chinese)

(上接第 133 页)

GAO Q Y, MEI P, CHEN W, *et al.* Development on synthesis and application of imidazoline corrosion inhibitor[J]. Chemical Engineer, 2006, 20(5): 18-24. (in Chinese)

[6] 朱镭, 于萍, 罗运柏. 咪唑啉缓蚀剂的研究与应用进展[J]. 材料保护, 2003, 36(12): 4-7.

ZHU L, YU P, LUO Y B. Research progress in imidazoline as corrosion inhibitor[J]. Materials Protection, 2003, 36(12): 4-7. (in Chinese)

[7] DL/T 523-2007, 化学清洗缓蚀剂应用性能评价指标及试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.

[8] 袁志发, 周静萍. 试验设计与分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(2): 85-87.

PENG S B, WANG D X, PENG S L. Studies on the optimal project of fourwing saltbush breeding by orthogonal design[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(2): 85-87. (in Chinese)

[10] 王斌, 彭乔. 咪唑啉型缓蚀剂合成方法的研究现状[J]. 辽宁化工, 2004, 33(1): 32-35.

WANG B, PENG Q. The research situation of synthesis method of imidazoline inhibitor[J]. Liaoning Chemical Industry, 2004, 33(1): 32-35. (in Chinese)

[11] 曹楚南. 腐蚀电化学原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 234.

[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(2): 85-87.

PENG S B, WANG D X, PENG S L. Studies on the optimal project of fourwing saltbush breeding by orthogonal design[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(2): 85-87. (in Chinese)

[10] 王斌, 彭乔. 咪唑啉型缓蚀剂合成方法的研究现状[J]. 辽宁化工, 2004, 33(1): 32-35.

WANG B, PENG Q. The research situation of synthesis method of imidazoliny inhibitor[J]. Liaoning Chemical Industry, 2004, 33(1): 32-35. (in Chinese)

[11] 曹楚南. 腐蚀电化学原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 234.