

DOI:10.11937/bfyy.201618020

# 北京地区有效调控颗粒物的道路 绿地植物配置方式

王小玲<sup>1</sup>, 陈 博<sup>2</sup>, 王小平<sup>2</sup>, 侯立敏<sup>3</sup>

(1. 北京东方园林生态股份有限公司, 北京 100021; 2. 北京林业大学 林学院, 北京 100083; 3. 北京市大兴区园林绿化局, 北京 102600)

**摘 要:**为了探讨绿地植物配置方式对大气颗粒物污染防治效果的影响,以北京地区道路绿地为例,通过内容分析法总结并提炼出了以调控大气颗粒物为主要目标的道路绿地植物配置参数,并提出合理的配置模式,以期为提高北京地区防治空气污染的绿地建设提供技术参考。

**关键词:**大气颗粒物;道路绿地;植物配置;内容分析法

**中图分类号:**S 731.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)18-0076-07

大气颗粒物是大气中重要的微量成分,以固态或液态的形式悬浮于大气中,其中细颗粒物能够诱发心血管和呼吸道等疾病,严重危害人体健康<sup>[1-2]</sup>。近年来,随着我国经济快速发展和城镇化进程的加快,人口、资源和环境压力日益凸现,空气污染明显,导致雾霾天气频发<sup>[3]</sup>。由于大中城市机动车数量的迅速增加,部分城市的大气污染已经由煤烟型污染转化为机动车污染为主<sup>[4]</sup>。当前,防控大气颗粒物的主要措施是减少污染排

放,但在北京等特大城市迅速发展的背景下,仅靠减少排放源的控制来改善空气质量受到很多现实情况制约,需要采取其它有效措施齐头并进,其中“添绿”是重要的辅助措施。高大植物对颗粒物具有阻滞和吸附作用,通过改善微气候环境能够加速颗粒物沉降和积淀;地被植物可增加地表覆盖,减少扬尘,从而降低空气中颗粒物的浓度<sup>[5]</sup>。已有研究表明绿地类型及其结构显著影响绿地对颗粒物浓度的调控作用,常绿乔木林的滞尘能力比草地高,落叶乔木林的滞尘能力比灌木林略高<sup>[6]</sup>,乔-灌型、灌-草型、乔-灌-草型和乔-草型等复层结构绿地削减颗粒物的作用大于结构单一、绿化量较少的绿地<sup>[7-8]</sup>。但是,目前国内外对于以调控颗粒物为目的的绿地植物

**第一作者简介:**王小玲(1986-),女,硕士,工程师,研究方向为植物景观规划设计。E-mail:43655267@qq.com。

**基金项目:**国家林业公益性行业科研资助项目(201304301)。

**收稿日期:**2016-04-20

## Landscape Evaluation of Longji Ancient Zhuang Village in Longsheng Based on AHP-GIS Spatial Analysis

JIN Biao, SUN Mingyan, LI Haifang

(College of Tourism, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi 541004)

**Abstract:** This paper was aimed to establish a landscape evaluation system for Longji Ancient Zhuang Village in Longsheng, based on AHP(analytic hierarchy process). And by using GIS spatial analysis, this paper graded and made conservation strategies for ancient village. The results showed that an obvious difference in Longji Ancient Zhuang village in Longsheng, where the areas of level of I, III and V represented 0.78%, 0.12% and 0.10% in total area, respectively. The areas of level of II, IV was zero. The result indicated the quality of landscape in Longji Ancient Zhuang village in Longsheng was preferable a whole. Based on the result, the research divided these three parts into coordinate area, developing area and constructing area. The existing landscape should be conserved in coordinated area. The protection of ecological environment should be strengthen in developing area. The construction was allowed to proceeded without destroying the original environment. It aimed to confirm the landscape evaluation in studying scope and so as to push application of ancient village planning.

**Keywords:** AHP; GIS spatial analysis; Longji Ancient Zhuang village; landscape evaluation

配置方式的研究仍处于起步阶段,多以定性研究为主,且缺乏对现有研究结果的科学总结和归纳,致使在实际应用中指导性不强。基于以上原因,课题组以道路绿地为例,采用内容分析法,在归纳分析现有关于调控颗粒物浓度的植物配置技术文献的基础上,分类提出可供北京地区参考的植物配置模式。

## 1 道路绿地分类及特征

参照《城市绿地分类标准》(CJJ/T 85-2002)<sup>[9]</sup>、《城市道路绿化规划与设计规范》(CJJ/T 75-97)<sup>[10]</sup>和《城市道路工程设计规范》(CJJ/T 37-2012)<sup>[11]</sup>等将道路绿地分为路侧绿带、分车绿带、行道树绿带和滨水道路绿带。

### 1.1 道路绿地的类型及功能

路侧绿带是指在道路侧方,布设在人行道边缘至道路红线之间的绿带,宜与相邻的道路红线外侧其它绿地相结合;分车绿带是指车行道之间可以绿化的分隔带,位于上下行机动车道之间的为中间分车绿带、位于机动车道与非机动车道之间或同方向机动车道之间的为两侧分车绿带;行道树绿带是指布设在人行道与车行道之间,以种植行道树为主的绿带;滨水道路绿带是指在城市规划用地区域内,与水域(河、湖、海等)相接的一定范围内的城市公共道路绿地<sup>[12]</sup>。道路绿地的功能是承担

城市生态廊道,为城市自然资源提供更有有效的保护,对城市生态环境的改善具有重要作用<sup>[13]</sup>。

### 1.2 道路绿地的共性及特性

共性:绿地长度远大于宽度,绿地以疏散人流为主,活动人群较少。

特性:路侧绿带的设计与相邻用地性质、防护和景观要求相结合,景观效果具有连续性与完整性;分车绿带的植物配置形式简洁,树形整齐,排列一致;行道树绿带主要服务于行人,多为连续的绿带,但在行人多的路段,行道树不能连续种植时,在其之间可采用透气性路面铺装;滨水绿带具有亲水性和快适性<sup>[12]</sup>。

## 2 绿地配置模式提出的理论基础

### 2.1 植物种类的选择

以植物吸纳颗粒物的能力为主要选择依据,综合考虑其它生态功能,如降温增湿、防风固沙和抗污杀菌等。总结其它已有研究成果,对北京地区吸纳颗粒物能力强的乔木和灌木树种做如下归类,见表1。根据绿地功能的不同,设计中主要选择观赏价值高、抗污强、适应性强和耐干旱瘠薄的乡土植物及其它优良引种植物。

表1 乔木和灌木树种吸纳颗粒物能力<sup>[14-18]</sup>

Table 1 Absorption abilities on particulate matter in trees and shrubs

类型	能力中等	能力强
常绿乔木	油松、白皮松	雪松、杜松、圆柏、侧柏、龙柏、沙松(辽东冷杉)、冷杉、红皮云杉、东北红豆杉、女贞
落叶乔木	白蜡、臭椿、栾树、白玉兰	银杏、国槐、元宝枫、银中杨、银白杨、毛白杨、山桃、李、泡桐、美桐、英桐
常绿灌木		大叶黄杨、凤尾兰、海桐
落叶灌木及小乔木	榆叶梅、棣棠、紫荆	樱花、紫叶李、海棠类、金叶女贞、丁香类、碧桃、紫薇、蔷薇、金银木、锦带花、天目琼花、月季类、紫叶小檗
藤本		五叶地锦、忍冬、木香、紫藤

### 2.2 配置参数的确定

2.2.1 样本来源和分布 选取样本的内容是有关“道路绿地调控大气颗粒物的配置”,研究方法为内容分析法。样本来源于中国学术期刊数据库和 Elsevier 数据库。根据研究目标,剔除不合格样本,共取得外文样本4个,中文样本16个,共计20个。

2.2.2 资料整理分析 分析类目:在分析对比现有研究议题分类的基础上,结合该研究的研究目标提出一级分析类目,包括绿带宽度<sup>[13,19-26]</sup>、垂直结构<sup>[13,24-33]</sup>、群落类型<sup>[23-26,30-31]</sup>、郁闭度<sup>[13,20,24-27,32,34-35]</sup>、疏透度<sup>[25,27,36]</sup>和绿量<sup>[19,25,37]</sup>等6个配置参数。综合收集的文本资料和既有文献采用开放式编码方法逐步归纳总结出二级类目,形成编码表。通过文本整理,将定量和定性的研究结果归为相应的二级类目。绿带宽度的二级类目包括 $\geq 5$  m、 $\geq 10$  m、 $\geq 15$  m、 $\geq 30$  m、15~18 m、20~50 m;垂直结构的二级类目包括乔灌木、乔木、乔灌木、乔灌木+乔、灌木+乔、乔灌木=乔木;群落类型的二级目录包括以常绿为主、以落叶为主、未体现比重;郁闭度的二级目录定

量的划分包括 $\geq 67\%$ 、 $\geq 70\%$ 、70%~80%、70%~85%、75%~90%,定性的二级目录提炼为“郁闭度适中使大气颗粒物浓度削减效果较好,郁闭度过大可使浓度提高”。编码:根据归纳总结出的类目构建编码表(未列出),并对编码表进行统计分析。研究选择3位园林和森林生态领域的学者独立编码,并预先培训编码员。信度和效度分析:内容分析法中主要工作是将样本内容归入特定类目。为了避免个体偏见影响内容编码工作,需要对编码的准确性和稳定性进行检验。将编码员之间的一致性百分比定义为信度,编码者之间的一致性越高,信度越高。学者们将0.8定为信度的阈值<sup>[38]</sup>,该研究的编码一致性计算结果为0.85,说明具有良好的信度。

### 2.3 结果与分析

对20个样本中出现的各一级类目的频次进行登记,并以样本容量20为基数计算各类目百分比。由表2可以看出,关于道路绿地的垂直结构研究最多,高达55%;分别有45%的样本文献研究了绿带宽度和郁闭度对绿地削减大气颗粒物浓度的影响;关于群落类型对绿

地削减颗粒物浓度影响的研究占 30%;而关于疏透度和绿量的研究结果较少,仅占 15%。说明绿地垂直结构、绿带宽度、郁闭度和群落类型对绿地调控颗粒物浓度的效果具有重要作用,且研究基础较好。因此该研究最终选择垂直结构、绿带宽度、郁闭度、群落类型等 4 个配置参数为一级类目,并分别进行详细分析。

表 2 一级类目频次统计

Table 2 The primary categories frequency

类目	绿带宽度	垂直结构	群落类型	郁闭度	疏透度	绿量
频数	9	11	6	9	3	3
百分比/%	45	55	30	45	15	15

图 1 运用集合的方法,将不同文献关于最佳绿带宽度的研究结果进行统计和对比,图 1 阴影最密集的区域表示绝大多数文献认同的最佳绿带宽度,阴影较密区域表示多数文献认为此宽度范围也具有较好的作用。该研究选定最佳的绿带宽度为 30~50 m。

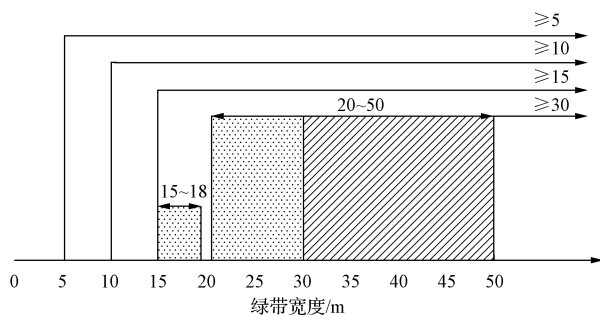


图 1 削减颗粒物浓度的最佳绿带宽度文献研究分析结果

Fig. 1 Analysis result of references on the optimal greenbelt width for reducing particulate matter concentration

由表 3 可知,45.5%的研究结果表明,3 层乔灌木复层结构的绿地对颗粒物的净化作用最佳;27.3%的研究结果表明 2 层乔草复层结构最有利于绿地削减颗粒物浓度;18.2%的研究结果认为乔灌木和乔草结构的绿地对大气颗粒物均有良好的净化效果。说明在应对大气颗粒物污染方面乔木作用很重要,其它植物配置中需以乔木为主体。另外,45.5%的文献中有 27.3%的文献结果显示,前层为复层混交后层为乔木的配置结构对颗粒物污染的削减效果明显优于乔灌木渐次配置的结构。

表 3 垂直结构的二级类目频次统计

Table 3 The secondary categories in vertical structure frequency

	乔灌木	乔草	乔灌	乔灌木+乔	灌木+乔	乔灌木=乔草
频数	2	3	1	1	2	2
百分比/%	18.2	27.3	9.1	9.1	18.2	18.2

由表 4 可知,常绿落叶混交林相比于单纯的常绿或落叶林对颗粒物的净化作用更强。但群落类型各二级类目频次相当,说明常绿针叶植物和落叶阔叶植物在调控颗粒物污染方面各有利弊。因而,二者的配比需根据绿地类型和功能的不同需要具体分析。

表 4 群落类型的二级类目频次统计

Table 4 The secondary categories in community type frequency

	频数	百分比/%	样句
以常绿为主	2	33.3	更多的选用常绿树种以常绿乔木为主
以落叶为主	2	33.3	常绿落叶比宜 1:4~1:6 落叶搭配常绿植被
未体现比重	2	33.3	常绿落叶混交树冠小且间距大的配置

由表 5 可知,从植物本身对颗粒物净化效果的角度考虑,植物数量多对颗粒物的吸附效果好;但结合颗粒物流通的微环境以及道路绿地的具体分类来考虑,配置过于紧密会导致植物生长不良、颗粒物积聚等负面结果,因而存在绿地调控颗粒物浓度的最佳郁闭度范围。

表 5 郁闭度的定性结果统计

Table 5 Qualitative results in canopy density

	样句
定性结果	街道分为交通量小和交通量大等 2 类,前者以满足绿化景观要求为准,后者应严格控制,以便于交通废气的稀释并迅速排出街谷
	低覆盖的行道树结构较好,这种结构有利于交通污染物从道路表面扩散
	树冠郁闭度过大,可以使道路近地面颗粒物浓度提高 20%
	植被郁闭度适中的绿地配置模式,大气颗粒物水平方向上的削减效果较好

图 2 运用集合的方法,将不同文献关于最佳郁闭度定量的研究结果进行统计和对比。从图 2 阴影密集程度可以看出,最佳的郁闭度范围为 75%~80%,郁闭度为 70%~85%的绿地净化效果较好。

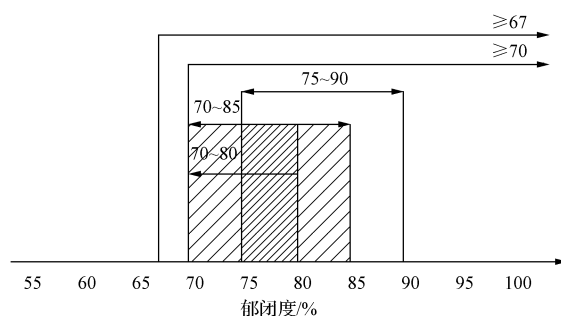


图 2 削减颗粒物浓度的最佳郁闭度文献研究分析结果

Fig. 2 Analysis result of references on the optimal canopy density for reducing particulate matter concentration

### 3 不同道路绿地类型的典型配置模式

植物应用原则以吸纳颗粒物能力强的植物为主,植株的数量需占整体植物数量的 80% 以上;增加生态效益高的其它园林植物应用于绿地中,其数量约占植物总量的 20% 左右。

#### 3.1 不同宽度的路侧绿地植物配置模式

3.1.1 宽度 30~50 m 路侧绿带宽度在 30~50 m 时,其对颗粒物净化效果最为显著;同时,城市道路车流量大,道路大气污染较为严重且污染源复杂。因此,在道路绿地的规划设计中,要增加抗二氧化硫、氟化氢、氯化氢等污染气体的树种,以实现植物群落生态效益最大化的目标。设计路侧绿地的植物群落时,乔灌木主要分布



于绿带远离道路的外围,近行人的绿地边界应以草坪地被为主,点缀乔木,以此保持良好的通透性,利用风力将颗粒物及有毒气体引向主体植物群落,以减轻颗粒物污染对行人健康造成危害。植物群落上层为吸附颗粒物能力高的乔木树种,中层为观赏性强的花灌木,下层为地被花卉和草坪。由图3可知,群落观赏性用毛白杨做

群落背景,前排常绿乔木和落叶乔木间隔种植,极富韵律感,近路边散植秋叶绚丽的元宝枫;中层应用春花秋实的植物,净化空气的同时又丰富植物群落的立面景观;在林缘应用大花萱草和马蔺以勾勒出优美的林缘线。

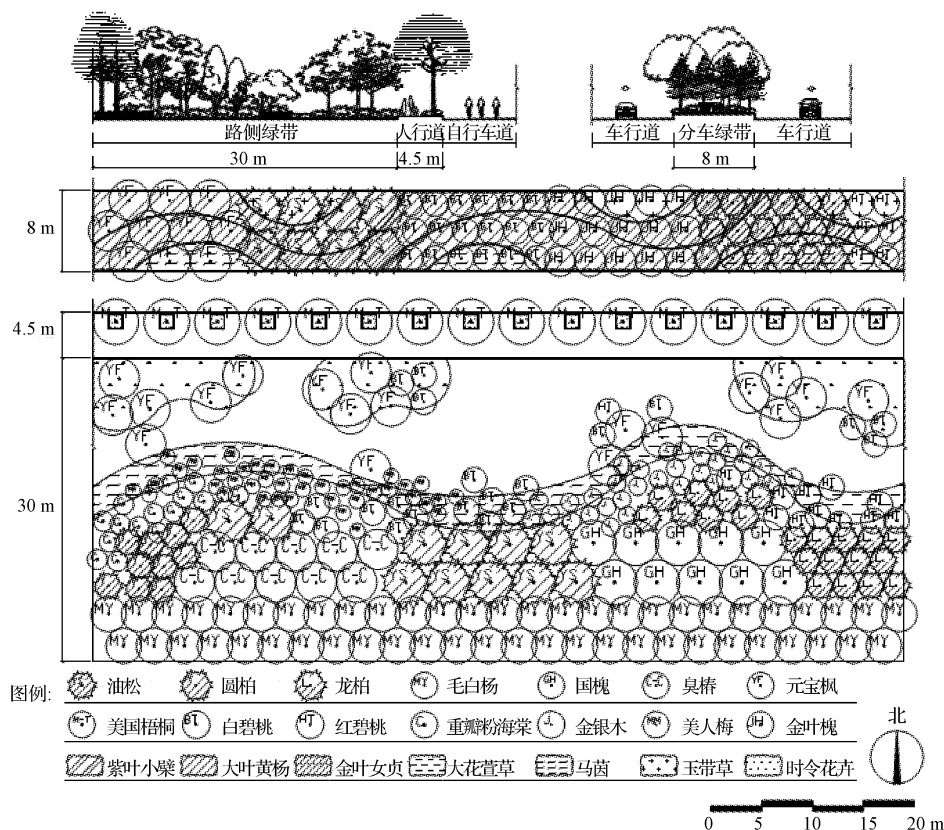


图3 30 m宽路侧绿带及8 m宽分车绿带植物配置平面断面图

Fig. 3 Plan and sectional view of plant design in 30 meters width roadside greenbelt and 8 meters width dividing vehicle greenbelt

3.1.2 宽度5~30 m 城市用地非常紧张,道路两侧绿带的宽度往往达不到30 m。研究表明,道路绿带的宽度大于5 m时,对颗粒物具有一定的净化效果,当大于15 m时,净化效果较为明显。以15 m宽绿带为例进行植物设计,其绿地宽度较上一类型窄,配置的植物数量和种类也相应减少。主要的特点是植物群落边缘规则种植一排乔木,既可以通过吸附作用降低颗粒物浓度,75%~80%的郁闭度又能够保障空气较好流通,有利于行人健康。由图4可知,群落的观赏性以常绿落叶乔木间隔种植,形成富有变化的林冠线;兼顾道路四季的植物景观,中层以观赏期长的色叶植物为主体,适当应用开花植物;下层应用花卉勾勒强化优美的林缘线。

3.1.3 宽度小于5 m 当路侧绿带宽度小于5 m时,路侧绿带应与行道树绿带相结合,此时路侧绿带以灌木为主,用以阻滞吸附机动车引起的地面扬尘,且适当的降低郁闭度(表6),为行人提供通风良好、空气质量较高的

环境。从景观上分析,群落充分利用小乔木和花灌木的前后错落搭配,丰富了绿地林冠线和林缘线,形成富有节奏变化的植物景观(图5)。

### 3.2 不同宽度的分车绿带植物配置模式

分车绿带的宽度差别很大,窄的不到1 m,宽的可达10 m。在植物群落模式设计前,必须考虑行车安全,避免夜晚来往车辆眩光,同时不可影响司机和行人的视线。

3.2.1 宽度小于1.5 m 分车绿带小于1.5 m时,植物群落设计以灌木绿篱大叶黄杨、金叶女贞、紫叶小檗为主,也可适当增加观赏期长且适合立体绿化的藤本月季,及方便养护的观赏草、宿根花卉、八宝景天等丰富道路景观。植物群落具体配置方式如图5和表6。

3.2.2 宽度1.5~5 m 分车绿带宽度1.5~5 m时,植物群落立面结构可以采用乔灌木形式,乔木宜选择适应性强、抗性强、吸纳颗粒物能力强的种类。群落配置中以分枝点高的乔木为主,乔灌木接近2:1,增加冠幅较

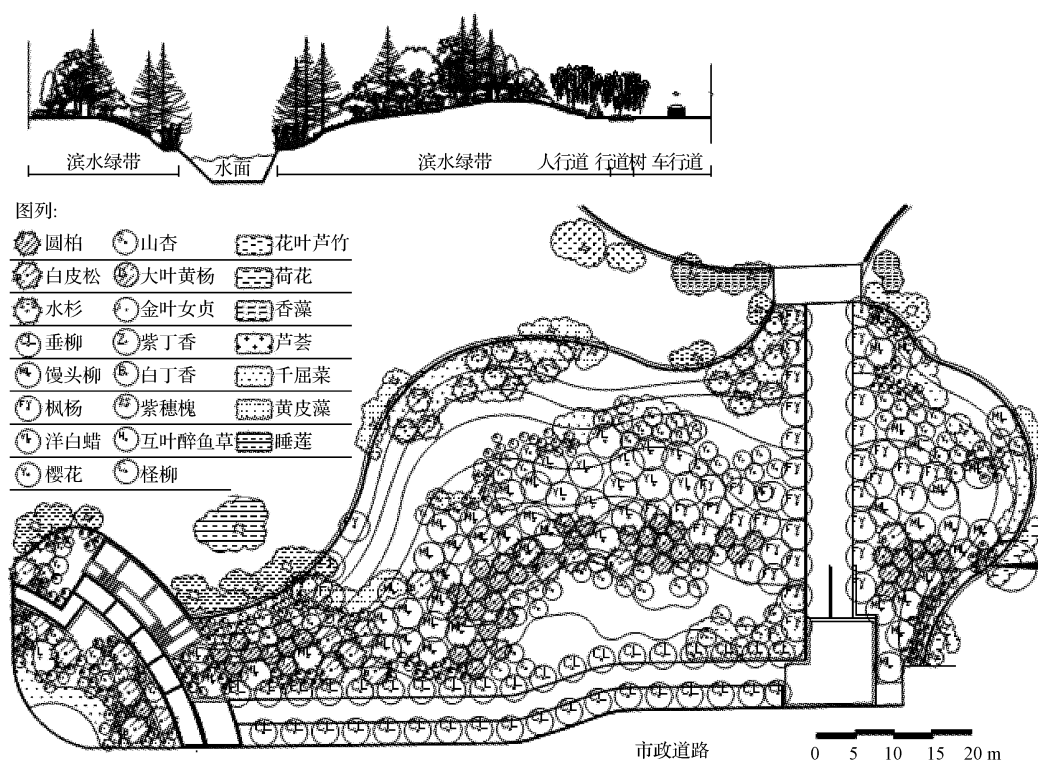


图 4 15 m 宽路侧绿带及 4 m 宽分车绿带植物配置平面断面图

Fig. 4 Plan and sectional view of plant design in 15 meters width roadside greenbelt and 4 meters width dividing vehicle greenbelt

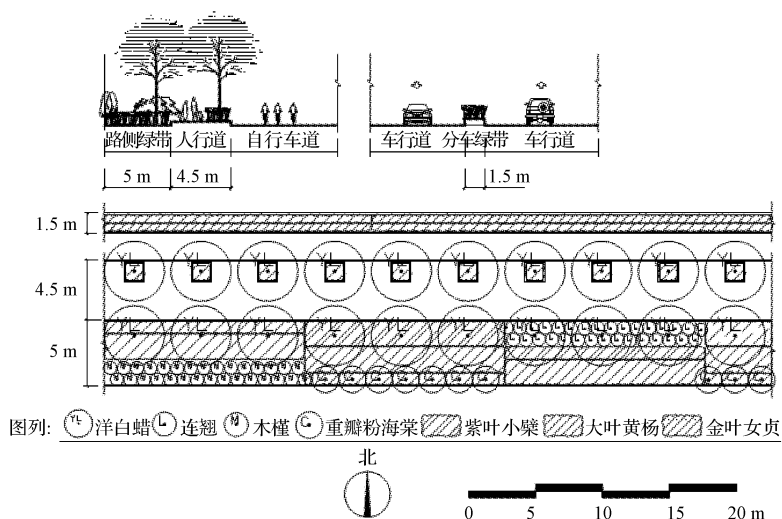


图 5 5 m 宽路侧绿带及 1.5 m 宽分车绿带植物配置平面断面图

Fig. 5 Plan and sectional view of plant design in 5 meters width roadside greenbelt and 1.5 meters width dividing vehicle greenbelt

小的针叶树种的用量(针阔比接近 1:1),提高林地郁闭度,充分发挥绿地对颗粒物的滞纳作用,提高绿地外空气质量。由图 4 可知,群落景观间隔种植常绿落叶植物可以丰富立面景观效果,以曲线方式应用花灌木和绿篱,形成了优美灵动的林缘线。

3.2.3 宽度大于 5 m 分车绿带宽度大于 5 m 时,此类道路往往是城市非常重要的交通干道,也是城市形象的重要窗口,需增加适应性强、观赏价值高的植物,遵循韵

律节奏、变化统一等美学原则,设计四季有景可赏的植物群落。此种类型绿地对颗粒物也主要起到滞纳作用,需增加针叶树种用量,增大林立地密度和郁闭度(表 6)。由图 3 可知,群落景观植物种类丰富,配置有春花、秋叶、彩叶植物,采用常绿乔木、落叶乔木及小乔木成片间隔种植,灌木及地被由群落内向外曲线种植。行人在行车过程中既可感受分车带植物景观立面的律动变化,又可观赏到错落有致的花灌木地被景观。

表 6 不同类型道路绿带植物配置方式

Table 6 Plant disposition modes about different kinds of road greenbelts

道路绿带类型	指标参数 Index parameter			
	乔灌木比	常绿针叶与落叶阔叶比	郁闭度%	地被层盖度%
30~50 m 宽路侧绿带	3:1	1:2	75~80	>90
5~30 m 宽路侧绿带	3:1	1:2	75~80	>90
<5 m 宽路侧绿带	1:2	1:4	65~70	>90
<1.5 m 宽分车绿带	—	—	—	>90
1.5~5 m 宽分车绿带	2:1	1:1	>80	>90
>5 m 宽分车绿带	2:1	1:1	>80	>90
行道树绿带	7:1	—	75~80	>90
滨水道路绿带	3:1	1:3	60~70	>80

3.3 行道树绿带

行道树绿带宽度通常在 1.5 m 以上,其植物种植应以高大乔木为主,乔灌木相结合,形成连续的绿带。行道树定植株距,以树种壮年期的冠幅为准,最小种植株距应为 4 m;行道树树干中心至路缘石外侧最小距离 0.75 m 为宜。在道路交叉口视距三角形范围内,行道树绿带应采用通透式配置。

植物群落设计时,选择分枝点高、适应性强、疏透性好的落叶乔木,如洋白蜡、国槐、美国梧桐等。下层配置灌木绿篱或地被花卉,形成通风效果良好的绿带环境,

以满足行人行驶遮阳及空气质量较好的健康需求。行道树设计时,常见的形式是一条街道应用一种乔木为行道树,此类绿地对颗粒物起重要的扩散作用兼具吸纳作用,具体配置方式如表 6 和图 3~5 的行道树绿带。

3.4 滨水道路绿带

滨水道路绿带功能与街头公园类似,绿带硬质节点区域植物群落、背景林植物群落、观赏植物群落均可借鉴街头绿地,其特殊性在于濒临江、河、湖、海等水体的路侧绿地,应结合水面与岸线地形设计水景植物群落,此类群落对颗粒物具有滞纳兼扩散的作用。

靠近水面的植物群落,配置一些耐水湿的乔灌木如枫杨、垂柳、水杉、怪柳、互叶醉鱼草、紫穗槐等。水体植物的配置需根据水深选择浅水植物如黄菖蒲、芦苇等,中水植物如睡莲、荷花等,深水植物如菱角、芡实等,以及漂浮植物如大漂、槐叶萍等。水生植物占水域面积 30% 以内。植物景观应着重考虑在道路和水面之间留出透景线,多设计为疏林草地的半开敞空间。由图 6 可知,此类植物群落较上述绿地配置最为复杂,滨水道路绿地多有微地形,植物设计要和地形充分结合,依山就势、疏密有致的展现地形和植物之美。

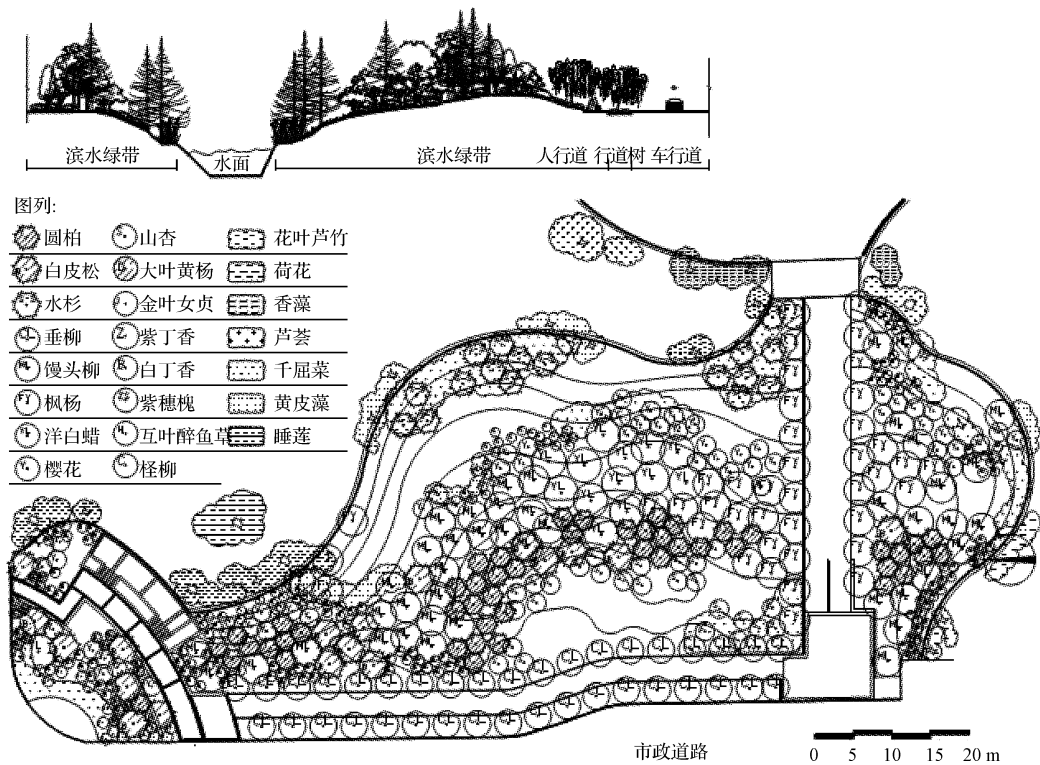


图 6 滨水道路绿带水景植物配置平面断面

Fig. 6 Plan and sectional view of plant design in waterfront road greenbelts

4 结语

该研究通过内容分析法定量地分析适应于北京地区以调控大气颗粒物为主要目标的道路绿地植物种类及植物配置参数,并在此基础上提出有效的配置模式,

为相关园林规划设计提供技术支撑和经验借鉴。合理的植物配置能够提升绿地削减颗粒物的功能,但城市绿地作为城市系统的一部分与其它系统紧密相关,不同系统间的衔接和融合状况间接地影响绿地系统生态作用



的发挥。因而,绿地系统的规划设计应顺应城市气候、立地条件,以功能为导向,与周边自然生态有机结合。

### 参考文献

- [1] YU Y, SCHLEICHER N, NORRA S, et al. Dynamics and origin of PM<sub>2.5</sub> during a three-year sampling period in Beijing, China[J]. J Environ Monitor, 2011(13):334-346.
- [2] 陶燕,刘亚梦,米生权,等. 大气细颗粒物的污染特征及对人体健康的影响[J]. 环境科学学报, 2014, 34(3):592-597.
- [3] 陈博,王小平,陈峻崎,等. 不同天气下景观生态林内外大气颗粒物浓度变化特征[J]. 生态环境学报, 2015, 24(7):1171-1181.
- [4] 陈建华,王 玮,刘红杰,等. 北京市交通路口大气颗粒物污染特征研究[J]. 环境科学研究, 2005, 18(2):34-38.
- [5] BECKETT K P, FREER-SMITH P H, TAYLOR G. Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution[J]. Environmental Pollution, 1998, 99:347-360.
- [6] 冯朝阳,高吉喜,田美荣,等. 京西门头沟区自然植被滞尘能力及效益研究[J]. 环境科学研究, 2007(5):155-159.
- [7] 刘学全,唐万鹏,周志翔,等. 宜昌市城区不同绿地类型环境效应[J]. 东北林业大学学报, 2004, 32(5):53-54, 83.
- [8] 郑少文. 城市绿地滞尘效应研究[D]. 大同:山西农业大学, 2005.
- [9] 行业标准-城建. 城市绿地分类标准: CJJ/T 85-2002[S]. 北京:中国标准出版社, 2002.
- [10] 行业标准-城建. 城市道路绿化规划与设计规范: CJJ/T 75-97[S]. 北京:中国标准出版社, 1997.
- [11] 行业标准-城建. 城市道路工程设计规范: CJJ/T 37-2012[S]. 北京:中国标准出版社, 2012.
- [12] 臧晶. 城市滨水绿地道路交通系统分析[D]. 南京:南京林业大学, 2010.
- [13] 朱春阳,纪鹏,李树华. 城市带状绿地结构类型对空气质量的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2013, 37(1):18-24.
- [14] 柴一新,祝宁,韩焕金. 城市绿化树种的滞尘效应-以哈尔滨市为例[J]. 应用生态学报, 2002, 13(9):1121-1126.
- [15] 李辰. 社区散生林木叶片滞留大气颗粒物能力研究[D]. 北京:北京林业大学, 2014.
- [16] 刘霞,李海梅,李想,等. 青岛市城阳区主要绿化树种滞尘能力研究[J]. 北方园艺, 2008(4):167-169.
- [17] 王蕾,高尚玉,刘连友,等. 北京市 11 种园林植物滞留大气颗粒物能力研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4):597-601.
- [18] 杨瑞卿,肖扬. 徐州市主要园林植物滞尘能力的初步研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(20):8576-8578.
- [19] 陈上杰,牛健植,韩旖旎,等. 道路绿化带内大气 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度变化特征[J]. 水土保持学报, 2012, 29(2):100-105.
- [20] 李萍,王松,王亚英,等. 城市道路绿化带“微峡谷效应”及其对非机动车道污染物浓度的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(10):2888-2896.
- [21] 刘萌萌. 林带对阻滞吸附 PM<sub>2.5</sub> 等颗粒物的影响研究[D]. 北京:北京林业大学, 2014.
- [22] 牟浩. 城市道路绿带宽度对空气污染物的削减效率研究[D]. 南京:华中农业大学, 2013.
- [23] 齐飞艳. 道路大气颗粒物的分布特征及绿化带的滞留作用[D]. 郑州:河南农业大学, 2009.
- [24] 王国玉,白伟岚,董东箭,等. 城市绿地削减 PM<sub>2.5</sub> 污染植物配置技术的思考[J]. 农业科技与信息:现代园林, 2014(2):23-29.
- [25] 殷彬,蔡静萍,陈丽萍,等. 交通绿化带植物配置对空气颗粒物的净化效益[J]. 生态学报, 2007, 27(11):4590-4595.
- [26] 曾晓阳. 成都市城市森林的近自然植物群落配置模式研究[D]. 雅安:四川农业大学, 2009.
- [27] 陈小平,肖慧玲,周志翔,等. 城市道路典型绿带结构对总悬浮颗粒物的净化效应[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(11):1620-1626.
- [28] GIVONI B. Impact of planted areas on urban environmental quality: a review[J]. Atmospheric Environment Part B Urban Atmosphere, 1991, 25(3):289-299.
- [29] 武小钢,蔺银鼎. 城市道路隔离带绿化模式对人行道空气质量的影响评价[J]. 环境科学学报, 2015, 35(4):984-990.
- [30] 杨貌. 城市道路绿地阻滞吸附大气颗粒物效益研究[D]. 北京:北京林业大学, 2015.
- [31] 张灵芝. 城市主干道绿带滞尘效应研究[D]. 重庆:西南大学, 2015.
- [32] 赵越,金荷仙. 西湖景区滨水绿地植物群落可吸入颗粒物 PM<sub>10</sub> 浓度变化规律[J]. 中国园林, 2012, 28(9):78-82.
- [33] 周瑞. 淮盐高速公路对沿线大气环境的影响研究[D]. 南京:南京林业大学, 2008.
- [34] RIES K, EICHHORN J. Simulation of effects of vegetation on the dispersion of pollutants in street canyons[J]. Meteorologische Zeitschrift, 2001, 10(4):229-233.
- [35] 于丽胖. 城市道路绿化配置对空气颗粒物和 CO 扩散的影响[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2009.
- [36] 孙志伟. 福州行道树空间结构对交通污染物扩散的影响[D]. 北京:北京林业大学, 2009.
- [37] 钟珂,亢燕铭,王翠萍,等. 城市绿化对街道空气污染物扩散的影响[J]. 中国环境科学, 2005, 25(B06):6-9.
- [38] 夏清华,宋慧. 基于内容分析法的国内外学者创业动机研究[J]. 管理学报, 2011, 8(8):1190-1200.

## Plant Disposition Methods About Road Greenbelt on Reducing Particulate Matter Pollution Effectively in Beijing

WANG Xiaoling<sup>1</sup>, CHEN Bo<sup>2</sup>, WANG Xiaoping<sup>2</sup>, HOU Limin<sup>3</sup>

(1. Beijing Orient Landscape and Ecology Co. Ltd., Beijing 100021; 2. College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083; 3. Daxing Bureau of Landscape and Forestry, Beijing 102600)

**Abstract:** To investigate the influence of different plant disposition methods on control effect of particulate matter, the study took Beijing road greenbelts for example to analyze the optimum plant configuration parameters of particulate matter pollution reduction through the content analysis method, then some effective modes of plant disposition were built, which could support the greenbelt construction of reducing air pollution in Beijing.

**Keywords:** particulate matter; road greenbelt; plant disposition; content analysis method