

# 产业园区绿地植物复壮技术的研究

## ——以上海金山石化产业园为例

杨振玲<sup>1</sup>, 俞诞红<sup>2</sup>, 胥明<sup>3</sup>

<sup>1</sup>上海申地生态集团有限公司, 上海

<sup>2</sup>上海市金山区园林管理所, 上海

<sup>3</sup>上海临港奉贤经济发展有限公司, 上海

收稿日期: 2023年7月27日; 录用日期: 2023年11月16日; 发布日期: 2023年11月27日

### 摘要

产业区建成绿地是城市景观最重要的组成部分之一, 而绿地中植被的生长质量直接关乎当地环境的生态与经济价值; 为了改善存量绿地中植物的生存状态, 本文针对工业配套绿地, 采用原位土壤改良、异位土壤改良、海绵设施等养护技术, 探讨了综合解决绿地植被复壮和土壤修复的策略, 为解决城市绿地可持续演替积累操作经验。

### 关键词

产业园, 植物, 复壮, 土壤修复

# Research on Plant Rejuvenation Technology in Green Space in Industrial Park

## —A Case Study of Jinshan Petrochemical Industrial Park, Shanghai

Zhenling Yang<sup>1</sup>, Danhong Yu<sup>2</sup>, Ming Xu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Shanghai Shendi Ecological Group Co., Ltd., Shanghai

<sup>2</sup>Shanghai Jinshan District Garden Management Institute, Shanghai

<sup>3</sup>Shanghai Lingang Fengxian District Economic Development Co., Ltd., Shanghai

Received: Jul. 27<sup>th</sup>, 2023; accepted: Nov. 16<sup>th</sup>, 2023; published: Nov. 27<sup>th</sup>, 2023

### Abstract

The green space built in the industrial area is one of the most important components of the urban

文章引用: 杨振玲, 俞诞红, 胥明. 产业园区绿地植物复壮技术的研究[J]. 植物学研究, 2023, 12(6): 327-334.

DOI: 10.12677/br.2023.126042

landscape, and the growth quality of vegetation in the green space is directly related to the ecological and economic value of the local environment. In order to improve the survival status of plants in the existing green space, this paper discusses the strategies of comprehensive solution to green space vegetation restoration and soil remediation by using in situ soil improvement, ex situ soil improvement, sponge facilities and other conservation technologies for industrial supporting green space, so as to accumulate operational experience for solving the sustainable succession of urban green space.

## Keywords

Industrial Park, Plant, Rejuvenation, Soil Remediation

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 现状及问题

与现代商业、住宅绿地相比,金山石化工业园区还存在植物种类不够丰富、植物生长不够自然成型等现实问题,其中比较急需解决的是土壤质量问题。金山石化工业园区原规划区域沉积滩涂湿地,不少农田是水塘,本底土壤存在质地粘重、含砂量低、透水通气性差的内在缺陷;加上建设过程中,为赶工期大量使用挖机、推土机、碾压机等大型机械造成严重压实。园区建成后有大面积土壤积水,大量植物根系难以发根、长势不佳等现象。土壤物理性质恶化是植物生长的最主要限制因子。

园林植物一般喜欢砂壤土(即砂粒含量 > 45%),容重 < 1.35 Mg/m<sup>3</sup>,非毛管孔隙度 > 8%,饱和入渗率 > 10 mm/h。而对金山石化工业园区土壤调查显示(见表 1),园区普遍存在土壤容重大、非毛管孔隙度小、渗透性差、有机质含量低等缺陷。土壤严重压实和排水不畅导致的土壤易积水、植物根系发根困难;而物理性质退化导致土壤有效水含量低,使植物不耐干旱,土壤调节水分能力丧失,导致植物死亡。

Table 1. Main soil physical properties of the park

表 1. 园区的土壤物理主要性状

指标	数值	标准值
1 pH	8.21*	6.5~8.0
2 EC 值(mS/cm)	3.11**	0.5~2.5
3 有机质(g/kg)	32	15~60
4 入渗率(K/λ)(mm/h)	10.3***	25~500
5 容重(Mg/m <sup>3</sup> )	1.57***	<1.35
6 质地(砂粒含量)	15.4%	壤质土
7 发芽指数(GI)(%)	60.9**	>80
8 水解性氮(N)/(mg/kg)	50.5*	40~150
9 有效磷(P)/(mg/kg)	10.6*	8~40
10 速(有)效钾(K)/(mg/kg)	70.3*	60~250

备注: \*不良, \*\*较差, \*\*\*极差。

## 2. 土壤质量标准

根据园区的土壤现状对园林植物适宜土壤的理想要求,根据不同景观区域确立不同等级的质量指标(见表 2)。

**Table 2.** Soil quality standards of different grades in Jinshan Petrochemical Industrial Park  
**表 2.** 金山石化工业园区不同等级土壤质量标准

	主控指标	技术要求	
		一级	二级
1	pH (饱和浸提法) (基本种植、特殊要求除外)	6.5~7.5	<8.0
2	EC 值(mS/cm(饱和浸提法))	0.5~2.5	0.3~2.5
3	有机质(g/kg)	30~60	25~60
4	入渗率(K/λ)(mm/h)	30~360	20~360
5	密度(Mg/m <sup>3</sup> )	1.0~1.25	<1.30
6	质地	砂壤土或壤土	壤质土
7	发芽指数(GI)/(%)	>90	>85
8	水解性氮(N)/(mg/kg)	40~200	35~200
9	有效磷(P)/(mg/kg)	10~80	8~80
10	速(有)效钾(K)/(mg/kg)	120~300	100~300

为确保植物有足够的生长空间,有效土层必须满足相关要求(见表 3)。对有地下犁底层、压实层等不透水层的,应打碎或钻孔,使土壤种植层和地下水能有效贯通。

**Table 3.** Effective soil layer requirements for planting soil for greening projects

**表 3.** 绿化工程种植土壤有效土层要求

		植被类型	土层厚度(cm)
一般 种植	乔木	直径 ≥ 20 cm	≥180
		直径 < 20 cm	≥150 (深根)、≥100 (浅根)
	灌木	高度 ≥ 50 cm	≥60
		高度 < 50 cm	≥45
		花卉、草坪、地被	≥25

### 3. 土壤改良策略

土壤质量严重影响植物长势和景观效果的现象已引起园区管理方的高度重视,通过采用施肥措施完善土壤改良,特别是每年冬季的施肥,使土壤养分有了很大改善。对各绿地三年来土壤养分监测数据来看(见表 4),土壤有机质和三大营养元素的含量已有很大提高。

**Table 4.** Main nutrient content of main green land soil in Jinshan Petrochemical Industrial Park

**表 4.** 金山石化工业园区主要绿地土壤主要养分含量

位置	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
荟萃园绿地	41.57	4.12	101.66	291
金一路绿地	26.46	3.31	58.53	203
月亮湾绿地	27.21	3.05	29.32	189
新城路绿地	25.49	3.14	49.46	191
青年世纪林	29.16	2.56	51.67	179
卫零路绿地	28.41	3.20	47.09	214
大堤路绿地	24.77	2.49	30.77	266
沪杭公路绿地	25.43	1.68	23.50	192
滨海公园	32.48	3.91	39.31	209

同时在种植区建设排水沟促进排水,主要采取了两种排水模式。一是直接开排水沟渠,效果可能不

一定很美观,但比较实用;二是在排水沟渠上铺设石子,平时可以作为路径,下雨时可以作为排水沟,整体景观效果也比较美观。暗沟排水模式。直接在地底下铺设直径为 12~15 cm 透水管,用无纺布包好上下各铺 10~15 cm 厚的碎石,然后上面铺设草坪。

但由于缺乏持续的改良方针,目前园区土壤改良和施肥也是局部的,没有大面积进行,更没有根据植物多样性特点,采取不同对策。因此根据绿地限制因素和自身技术条件,展开有针对性的实验与研究就十分必要。

#### 地下复壮技术基本步骤和主要影响因素分析:

针对土质较好的情形:土壤理化指标调查与测定→修复土壤排水系统→去除土壤中的杂质和异物→补充有机质和土壤改良剂;

针对土质较差的情形:土壤理化指标调查与测定→表土收集→原土机械破碎→补充有机质→土壤(改良后)回填。

### 3.1. 根据不同区域、不同植被类型分别制定相应改良程序

#### 3.1.1. 确立相应的土壤改良配方

根据相应的指标要求以及不同改良配比的大量试验经验,确定土壤改良的通用配方为:7~8 份土 + 2~3 份有机改良材料 + 0.5~0.8 份有机肥+土壤结构改良剂。并且以上配方可以针对区域或不同植物类型进行适当调整:

#### 3.1.2. 确保整个排水系统能正常运行

要确保园区的排水系统和市政排水系统有效贯通,确保土壤入渗 - 土壤排水 - 下水管道之间的畅通。应从面、线以及点上确保水分自然流动。

### 3.2. 根据每个地块植被类型、原有土壤的现状,分别确定不同改良技术对策和实施方案

针对金山石化工业园区不同植被类型,园区原有土壤的不良性状和障碍因素,采取相应的物理或化学措施,改善土壤结构和理化性质,增加土壤通透性,提高土壤肥力。土壤改良修复工作根据园区自然条件、经济条件,因地制宜地制定切实可行的改良技术,逐步实施,以达到有效地改善土壤生产性状和环境条件的目的(见表 5)。

Table 5. Different vegetation types correspond to technical measures for improvement

表 5. 不同植被类型对应适用于改良技术措施

措施	植被类型
对原有植被的移植、保护和土壤措施	乔木、灌木、花卉、草花
原位改良的,对原土的破碎,和改良材料的混合均匀;异位改良的,将原土移走,回填符合质量要求的改良土壤	乔木
添置如粉碎机、搅拌机等,建立小型土壤改良基地进行异位土壤改良	草坪
涵盖点、线、面的整个金山石化工业园区排水系统的建立与完善	乔木、灌木、花卉、地被、草坪
植物重新恢复与维护	乔木

### 3.3. 对原有植被的移植、保护和土壤措施

根据原植被类型、习性及地形地势进行调整移植,如地势低洼地移栽耐水湿植物;浅根系树种调整栽植深度,不宜过深;草花分株移植;喜碱性植物,考虑用石灰改良酸性土壤。若是遇碱性的土壤,可以用硫酸亚铁进行改良,以此来保证植物的健康成长等[1]。在原有植被移除后,需对场地进行整理,及

土壤改良修复。对需要移植的植被进行移除，定点存放；植被移除后将植被土壤中杂质清理干净，并挖出 20~30 cm 深的表土，将其与草炭或土壤改良剂均匀混合进行搅拌，栽植回填；或可选择与原土理化性质一致[2]，土壤各质量指标达标且无杂质的改良客土进行回填，种植。

原位改良的，对原土的破碎和改良材料的混合均匀；异位改良的，将原土移走，回填符合质量要求的改良土壤。

对于园区土壤严重压实和排水不畅导致的土壤易积水、植物根系发根困难的情况，可原地采用旋耕机等机械并配合人工对原土进行就地破碎，与改良材料充分混合，达到就地土壤改良目的[3]。原土破碎的深度可以为 20~30 厘米，这样的深度能让土壤通风透气，打破犁底层，改善耕层构造，使土壤种植层和地下水能有效贯通。

通过参考国内关于土壤改良技术的研究，并结合其他园区建设及土壤改良的相关经验[3] [4]，针对园区土壤存在质地粘重、含砂量低、透水通气性差等问题，以改善土壤结构，提高土壤肥力为主要目标，主要以砻糠、黄砂、草炭、有机肥、微生物菌肥等为改良材料，并根据基础改良配方，将不同改良材料与破碎原土进行混合配比试验使用，从而打破土壤板结，降低土壤容重，改善土壤通气透水特性，提高土壤有机质含量；通过微生物菌肥的使用，可以改善土壤质地，促进土壤良好团粒结构的形成，让土壤更适合植物生长。同时，土壤改良还应该根据金山石化工业园区的实际情况，因地制宜地选择合适的改良材料，合理考量其经济和生态性，形成各大专类园差异化材料的土壤改良配方。

对质量差且无法继续用于地下种植土的原土进行移除，通过收集质量合格的原土与改良材料按配方进行混合，经检测合格后按要求进行回填。添置如粉碎机、搅拌机等，建立小型土壤改良基地进行异位土壤改良。或者在附近道路设置小型加工机械，控制好各种材料粒径和混合误差，将原土移走，进行量化的机械化生产，并将符合质量要求的改良土壤进行回填。

### 3.4. 涵盖点、线、面的整个园区排水系统的建立与完善

金山石化工业园区普遍存在土壤容重大、非毛管孔隙度小、渗透性差、质地粘重等缺陷，从而导致土壤积水问题严重。因此，有效的排水系统是良好的地下土壤环境基础，也是土壤改良修复的另一个关键。

园区在种植区主要采取了明沟排水和暗沟排水两种排水模式，即为地表排水和地下排水。地表排水主要通过“碎石排水沟 + 雨水口 + 雨水井”的方式进行排水；地下排水主要通过“盲沟 + 盲管 + 雨水口 + 雨水井”的方式进行排水。根据园区地形及植被条件，利用地表汇流收集和地下渗水收集相结合的方式，完善涵盖点、线、面排水流畅的整个园区排水系统[5] [6]，确保园区的排水系统和市政排水系统有效贯通。

然而对于园区有存在无法采取开沟排水的地块，或因地制宜，根据每一个地块的具体需求，可以采用设计植草沟。植草沟按照地表径流流入的方式，有三种可设计类型：传输型、干式型和湿式型[7]。植草沟的设计可以选择在道路中间或者两侧位置，且种植层的顶部应低于道路的基础高度，沿着道路纵向区域形成一定的坡度。植草沟的配置植物多数情况下选用本土抗旱的乔木、灌木和陆生草本植物[8]。布置形式上从上到下依次为乔木 - 灌木 - 草本植物，植草沟常用的植物有以下几类：[9] [10] (1) 乔、灌木类：香樟、乐昌含笑、樱花、垂丝海棠、紫荆、紫薇、桂花、山茶、南天竹等。(2) 观赏草本类：萱草、花叶玉簪、紫叶狼尾草、马蔺、细叶针茅、花叶芒、金叶苔草、狗牙根等。(3) 耐水湿植物：西伯利亚鸢尾、黄菖蒲、千屈菜、旱伞草、花叶芦竹、金叶石菖蒲等[11] [12]。

### 3.5. 植物重新恢复与维护

为解决植物种类不够丰富、植物生长不够自然成型等现实问题，在植物调整或新品种种植时应以生态恢复为主要任务，生态恢复又要以植物恢复为前提，所以植被的恢复是金山石化工业园区景观重新恢

复的核心问题。金山石化工业园区的植物景观恢复,要根据园区的地形和气候条件,使之与园区立地条件相适应。

在植物材料的选择上应以本土树种为主,可以适应当地环境地生长;生长萌发强,能快速成活的;兼顾生态效益与经济效益,选择既能改善生态环境,又能创造经济价值的植物。

植物恢复分为直接植被和苗木修复两种方式。直接植被是指以规范种植方式将苗木或成树直接栽种园地中。苗木修复是指对受损退化植物进行复壮和修复,主要措施有对树体损伤部位进行清理和防腐处理,以及通过对土壤原位改良,如增施微生物菌肥拌土,及使用植物免疫剂、生根剂和土壤杀菌剂浇灌,对根系进行修复,以达到有效和提高植物复壮的效果。

无论是以直接植被还是苗木修复作为植物重新恢复的方式,两者都需要在适宜的季节进行。

当植物恢复工程完成后,植物进入养护管理阶段。在后期的养护可以通过对土壤按季节性适时适量增施菌肥、有机肥、腐殖质,土壤表层铺设有机质覆盖物。为减轻土壤严重紧实状况,亦可在后期往土壤中均匀混合掺拌粗砂、粉煤灰、腐叶土[13]、草炭等物质,以降低土壤紧实度,提高土壤通气透水性。

## 4. 影响复壮的内因

### 4.1. 受损根系的修复程度

随着树木年龄的增大,根系组织的分生能力将显著下降,肥料施用不当、盐碱、低温或者高温、药剂、农机具使用不当等,都会对根系皮层造成不同程度的损伤。一旦根系出现受损,伤口愈合速度将变慢,愈合时间加长,并且有可能出现愈伤组织无法迅速恢复活性的情况。

### 4.2. 植物生长势

一方面,植物种类不同,年龄时期不同,生长势也不相同。不同情况需要根据树木长势,树木品种的表现来确定。另一方面,通过栽培与养护,调节树木生长势,让留存的器官组织获取更多的养分,从而促进能量的转化和营养物质的合成,也能起到加速恢复树势的作用。

## 5. 影响复壮的外因

### 5.1. 土壤 pH 值的不适

土壤酸度是土壤肥力的重要因素之一,它对土壤中养分的存在形态和有效性,对土壤中微生物的活动以及对植物本身都有巨大的影响。一般情况下多数植物根系在土壤 PH 值为 5.5 至 6.5 之间最适作物吸收矿物质营养,过酸或过碱都会影响作物对矿物元素的吸收。而土壤中微生物也表现出和植物相似的习性,适宜 PH 值在 6.5 至 7.5 之间,过酸或过碱都会严重抑制其活动。

### 5.2. 地下水位高或排水不畅的程度

土壤物理结构及含水量存在相关性,沙土中由于空隙较大,水分在此类土壤中容易移动,多数水分难以被植物吸收利用,粘性土壤化学结合水和吸湿水在土壤中不能自由移动,故不能被植物吸收利用,膜状水仅能作极缓慢的移动,且含量很少,远不能满足植物的需要,毛管悬着水和毛管支持水是供植物吸收利用的最有效的水分,重力水因只能短时存在,不能持续为植物利用,而且过多时常会造成土壤通气不畅,影响植物生长,但作为水量平衡计算时,重力水是不可忽视的部分。

### 5.3. 根系缺氧的程度

根系缺氧往往是因为使用了密闭的铺装构造或者土壤通气不畅所致。土壤中气体分子因浓度梯度或气体分压不同而产生的气体移动。土壤释放  $\text{CO}_2$ , 吸收  $\text{O}_2$ 。当土壤空气的组成成分在含量上发生差异时,

就形成了空气分压的差异。为了保持气压之间的平衡,分压大的气体就向分压小的气体扩散,这就形成了土壤空气和大气之间的交换。土壤中由于作物根系和微生物生命活动,有机质的分解,根系的呼吸作用都要消耗氧气而释放二氧化碳,这就改变了土壤中空气中 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的浓度。

#### 5.4. 温度

树木根系的活动与温度有密切的关系。土壤温度收到气温和光照水平影响,按照昼夜交替,吸收和释放热量,从而影响根系的生长。不同的树种对最适土温有所不同,一般生长于冷寒地区树木需要温度低,生长在热带地区需要较高温度。根的生长都有最适温度、上限温度和下限温度。温度过高或过低都会影响根的生长发育,甚至危害根系。

#### 5.5. 土壤微生物群落

土壤微生物是一群生存于土壤中生物量巨大的生命体,是土壤中重要的组成部分。土壤微生物群落的多样性与功能影响着生态系统的稳定性,生产力和土壤有机质分解等过程。微生物在土壤中的代谢过程是土壤中主要的有机质分解源,它们能转化和分解从死亡生物过程中释放出的有机质和衍生物,将其转化成便于植物再次利用的无机物质。同时,微生物还可以通过氮循环、磷循环和硫循环等过程转化或转移各种生化元素,促进了植物的生长和土壤的肥力。

### 6. 结论

产业园绿地植物的生存状态相较于其他绿地类型,存在明显的先天不足,反映出目前绿地管理技术较易忽视的工作内容。本文通过在金山石化产业的植物复壮处理后发现,植物的复壮应按照,“先地下,后地上”的改良顺序,针对土质较好的情形:土壤理化指标调查与测定→修复土壤排水系统→去除土壤中的杂质和异物→补充有机质和土壤改良剂;针对土质较差的情形:土壤理化指标调查与测定→表土收集→原土机械破碎→补充有机质→土壤(改良后)回填。在确保土壤改良到位后,再结合养护措施,进一步改善植物的生长环境,恢复植物的生长状况。

### 7. 讨论

虽然金山石化工业园区的土壤改良已取得一定成效,但没有全面有效改善主要障碍因子。相对而言,金山石化工业园区主要土壤问题是物理结构板结、土壤质地粘重和严重压实。土壤养分缺乏只要增加施肥就可以解决,而土壤物理性质改良必须像房屋结构改良一样,需伤筋动骨的,不但暂时会影响金山石化工业园区园貌,而且要达到较好的改良效果费用甚至比工程建设成本还高。根据园区现有情况,非常有必要进行有针对性改良,这样才能在有限经费的前提下,取得较理想改良效果。

### 参考文献

- [1] 沈良涛. 苗木移栽的关键技术探析[J]. 应用研究, 2013(12): 118..
- [2] 侯李云, 曾希柏, 张杨. 客土改良技术及其在砷污染土壤修复中的应用展望[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(1): 21.
- [3] 代琦. 上海辰山植物园绿化种植地下部分改良关键技术及对策研究[J]. 中外建筑, 2016(6): 196-199.
- [4] 莫亚思, 蒋碧珍, 蔡晓男, 等. 上海花博会景观园林土壤改良及绿化种植技术[J]. 城市道桥与防洪, 2021(11): 219-211.
- [5] 刘洪峰, 张华, 崔冰洁, 等. 宁波植物园土壤改良修复关键技术实践[J]. 现代园艺, 2019(4): 88-89.
- [6] 陈正光, 周沙沙. 上海临港新片区茉莉路绿化景观提升中土壤改良技术的应用研究[J]. 园林, 2023, 40(2): 125-130.
- [7] 浦华友. 海绵城市在市政道路给排水设计中的应用[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽建筑大学, 2017.

- [8] 张军围. 基于海绵城市理念的生态植物配置研究[J]. 工程与建设, 2022, 36(5): 1235-1236.
- [9] 张敏. 海绵城市建设视角下的城市内河生态治理研究——以南宁市那考河为例[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2019.
- [10] 程骅. 海绵城市理论下陆生草本植物在景观设计中的配置研究——以南京仙林大道规划设计为例[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京理工大学, 2017.
- [11] 秦芹, 武文婷, 任彝. 城市绿地植草沟植物景观资源调查研究——以杭州市为例[J]. 风景园林, 2022(10): 237.
- [12] 吴苇杭, 阙晨曦, 李房英. 美国植草沟建造技术的经验启示[J]. 福建建设科技, 2021(4): 102-103.
- [13] 王鹏, 王文静. 树木落叶生物基质在城市园林绿地土壤改良中的应用研究[J]. 北方园艺, 2013(15): 80-82.