

寒地城市风景园林施工关键技术及适应性策略研究

陈君侃

杭州碧连天景观绿化工程有限公司, 浙江 杭州 310000

摘 要： 本研究针对寒地城市风景园林施工中面临的特殊气候和环境挑战，探讨了关键技术及相应的适应性策略。文章首先分析了寒地气候特点与园林植物适应性，揭示了冻融循环、极端低温对土壤结构、植物生长以及景观材料的影响。针对这些问题，提出了土壤与地基处理技术、植物选择与栽培技术、景观结构与硬质铺装技术等关键施工技术，并结合热-水-力协同调控、智能微环境系统及高耐候自修复材料等创新策略，优化寒地风景园林的施工效果。通过理论与实践相结合的方式，提供了有效应对寒地城市园林建设中复杂问题的技术方案，具有重要的实践指导意义与应用前景。

关 键 词： 寒地城市；风景园林；施工技术；适应性策略

Research on Key Technologies and Adaptive Strategies for Landscape Gardening Construction in Cold Regions Cities

Chen Junkan

Hangzhou Bilian Tian Landscape Greening Engineering Co., Ltd. Hangzhou, Zhejiang 310000

Abstract: This study addresses the special climatic and environmental challenges faced in the construction of landscape architecture in cold regions, exploring key technologies and corresponding adaptive strategies. The article first analyzes the characteristics of the cold climate and the adaptability of garden plants, revealing the impact of freeze-thaw cycles and extreme low temperatures on soil structure, plant growth, and landscape materials. In response to these issues, it proposes key construction technologies such as soil and foundation treatment, plant selection and cultivation, and landscape structure and hard paving, and combines innovative strategies such as thermal-hydraulic-mechanical coordinated regulation, intelligent micro-environment systems, and high-weathering-resistant self-healing materials to optimize the construction effect of landscape architecture in cold regions. Through a combination of theory and practice, it provides a technical solution for effectively addressing the complex problems in the construction of urban gardens in cold regions, which has significant practical guidance significance and application prospects.

Keywords: cold-region cities; landscape architecture; construction technology; adaptive strategies

寒地城市风景园林施工面临着独特的气候条件与环境挑战，特别是在低温、严寒及冻融交替作用下，传统园林设计与建造方式往往难以有效应对。随着我国城市化进程的加快，寒地城市园林景观需求日益增加，但如何解决寒地城市建设中的植物适应性、冻胀性和防冻性等技术难题，成为提升寒地城市园林品质与可持续发展的关键。为此，对寒地城市景观营造技术进行研究具有重要意义。这一领域的研究，不仅仅是对植物的选择与配置，更是对营建过程中的材料创新、工艺创新和生态修复策略的创新。探索适合寒地环境的营造技术与管理策略，可有效减轻气候变化对生态环境的不利影响，提升城市居民生活品质与幸福感。同时，该研究还将为寒地城市园林绿化的可持续发展提供科学依据与技术支持，具有重要的现实意义和应用价值。

一、寒地城市风景园林的特点分析

（一）寒地气候的基本特点

寒地气候具有明显的季节性变化，且温度较低，冬季可长达零度以下，夏季短而低温。由于温度的剧烈变化，寒地气候往往伴随着强风，降水稀少，空气干燥，土壤结冰等现象^[1]。冻融交替是寒地气候最显著的特征之一，特别是春季和秋季土壤冻融交替，对园林设施和植物根系的生长发育产生重要影响。此外，寒

地气候光照条件差，冬季昼夜温差大，长期低温易造成植物冻害，严重影响景观生态系统稳定性。这些气候特点对园林景观的营造提出了较高的要求，尤其是园林植物的选用、土壤条件的管理和水体景观的营造。

（二）寒地城市园林植物的适应性

寒地市园林植物需要具有较强的抗寒和抗冻性，以适应低温、短暂性和昼夜温差。耐寒植物一般都能在低温条件下继续生长或休眠，以保证在严寒季节不会死亡或遭受严重的冻害。针对

寒地气候特点，园林植物应具备耐低温、耐冻融、耐强风和短日等特点。植物根系的抗冻性是寒地园林植物选育中必须重视根系深度、分布及抗冻性等问题，以免冻坏根系^[2]。此外，寒地植物对水分的管理、对干旱的耐受性以及生长周期的调节都是影响寒地植物适应环境的重要因素。为改善寒地环境下植物的生长性能，必须从土壤改良、灌溉制度、布局及遮荫等方面综合考虑。通过选择合适的植物品种和优化生长环境，可以使寒地城市园林在保持生态平衡的前提下，达到美化景观的目的。

二、寒地城市风景园林施工关键技术

（一）地基与土壤处理技术

寒地城市风景园林的施工面临着地基及土体处理的严峻挑战，特别是在冻融循环作用下，易产生冻胀、融沉等现象，对园林工程的稳定与耐久性产生影响。因此，在冻土区施工应采取一系列有效、科学的处理措施。在施工前，必须对冻土深度进行详细测量，以确定最大冻结深度和变化幅度。为防止冻胀，可采用级配砂石进行置换。通过置换冻胀敏感性土层，对冻结层以下15–20 cm 土层进行改良，并用粒径适中的砂石料替代，以提高土体的透水性及稳定性，降低冻胀力对土体结构的影响。针对寒地土壤有机质含量低，结构疏松的特点，提出了改良腐殖质的技术措施。施用有机肥60–80 kg/m³，可提高土壤持水保水、保肥能力，促进团聚力形成，提高土壤抗冻、透水性能。寒地城市园林常采用立体排水系统，采用波纹渗管和非织造布包裹技术，保证排水层在冻融作用下不会受到影响，维持长期排水能力^[3]。高水头地区需采用双层防渗隔技术，即铺设HDPE 防渗膜和20cm 厚粘土压实层，形成复合防渗系统，防止地下水冲刷破坏景观结构。

（二）植物选择与栽培技术

根据寒地气候特点，植物配置应遵循寒地生态位原则，优先选用适应寒地的本土种质。乔木层植物的选择要以耐寒性和生长稳定为主，常见的耐寒树种有针叶树种樟子松、云杉等，落叶乔木如白桦、山杨等。同时，混交林还能形成多层防风隔热的立体群落结构，提高群落的生态稳定性。匍匐性植物（如地柏、金露梅等）不仅可以减少地表热辐射损失，而且可以防止土壤水分蒸发。草本植物的配置需要考虑到季节变化和根系固土能力，如委陵菜、紫花地丁等宿生植物具有较强的越冬适应能力，可在极寒环境下持续生长，形成良好的地表覆盖效应^[4]。深穴浅栽技术是目前广泛采用的一种深穴浅栽技术，其栽植穴直径一般为2倍，回填土中加入30%左右的泥炭土，以改善根际微环境，保证植物能在寒地条件下生根。为了应对冬季严寒，通常采用可降解无纺布包裹树干，再用木屑层覆盖，形成5–8cm 厚的保温隔离带，以增强植物抗寒能力，降低冻害风险。

（三）景观结构与硬质铺装技术

寒地城市风景园林硬质化景观的营造，既要兼顾美观与功能要求，又要克服寒地气候带来的不利影响，特别是抗冻胀变形与抗滑安全性。硬质景观基础结构一般为倒置式结构，由面层、找平层、隔离层、基层组成，隔离层一般采用聚丙烯土工织物阻挡

毛细水流上升，防止水对结构物的破坏。在选择铺装材料时，应选用低吸水性和抗冻的石材，如花岗岩火烧板等。每块石材尺寸控制在600×600mm 以内，以保证足够的变形空间，避免因温度变化而引起的开裂和变形。为解决寒地伸缩缝问题，必须对伸缩缝进行处理。一般采用弹性密封胶和PE 杆复合充填，纵向间距控制在4–6 m，以保证缝隙的密封性和弹性，防止裂纹产生。台阶的铺设采用露骨混凝土技术，表面进行凿毛处理，形成0.5–1.2mm 的粗糙纹理，这种处理可以有效地提高防滑系数，尤其是在冰雪天气下，更能确保其安全^[5]。园林结构基础设计要求为深埋式结构，基础埋深不低于冻结线20cm，混凝土等级不低于C30，同时掺加防冻早强剂，以改善结构抗冻、早强，保证结构稳定和安全。

三、寒地城市风景园林施工面临的挑战与问题

（一）冻融循环引发的土壤结构退化与地基稳定性破坏

寒地城市风景园林建设受冻融作用影响显著，长期处于周期性胀缩状态的土体结构，导致土体颗粒排列无序、孔隙率增大、力学性能降低。在冻结阶段，土体中孔隙水冻结后体积膨胀，导致土体产生冻胀，并产生不均匀变形。在融化期，冰晶体融化成自由水，使土体结构疏松、强度下降，从而引起基础融沉。反复冻融作用导致土体颗粒弥散，粘粒流失，影响其水稳定性与承载力，引起地面沉降、景观坍塌、路面开裂及结构基础位移。同时，地下水位波动会进一步加剧冻胀、融沉等动力过程，导致地基持续失稳，影响园林设施的长期安全与服役寿命。

（二）极端低温环境下的植物生态适应性限制

寒地城市园林植物面临极端低温、干旱风害和雪压等多种不利环境因子，严重限制了其生长适应能力。长时间低温抑制植物代谢，降低光合效率，造成冬季林木生理胁迫，影响春季萌芽与生长。一些树木由于缺乏抗寒能力，在极端低温环境中会出现细胞膜断裂、组织失水、冻害坏死等现象，造成枝干折断、树皮开裂，甚至整株枯死。极端寒冷气候条件下土壤冻结深度大，根系吸水能力有限，极易发生生理干旱，冬春交替时蒸腾作用加强，但根系仍不能有效吸水，导致常绿树种出现“冻干”现象。积雪会对乔木树冠及灌木产生机械性损伤，容易造成折枝、倒伏，影响景观完整性。在风高风大的空旷地带，强风加剧水分蒸发，进一步削弱植物抗寒能力，增加越冬死亡率。

（三）硬质景观材料性能衰减与功能失效

寒地城市极端气温变化对硬质园林材料的稳定性与耐久性提出了严峻挑战。冻融作用下铺装材料经历热胀冷缩，内部微裂纹逐级扩展，导致结构完整性降低，表层剥落破碎，构成安全隐患。透水砖、混凝土等多孔材料在低温环境中会发生吸水结冰现象，其内部结构会受到破坏，从而导致路面不均匀沉降、隆起甚至破坏。由于温差引起的膨胀、收缩、膨胀，导致密封层老化失效，雨水、积雪渗入基层，加剧了冻融破坏。另外，雪被降低了道路与广场的摩擦系数，容易造成行人滑倒，影响到冬季的安全。金属结构物在极低温度条件下易发生脆性增大，在应力集中的情况下甚至会发生断裂。由于寒冷地区的特殊气候条件，使得

园林景观具有较高的生命周期和维护费用。

四、寒地城市风景园林施工的适应性策略

（一）基于热-水-力协同调控的土壤稳定性优化技术

针对寒地风景园林工程建设中因冻融作用引起的土体结构劣化和地基稳定失效等问题，本项目拟针对寒地风景园林建设过程中土体结构劣化和地基稳定失效这一关键科学问题开展研究。采用地下蓄热调控技术、智能排水系统和高性能抗冻加固材料相结合的方法，降低冻胀效应，保持基础结构的稳定性。采用土壤源热泵技术，利用土壤表层的地温，在冬季保持地温，降低冻胀。施工过程中，在冻胀区埋设温控管网，利用地热换热装置对地温进行精细化调控。智能排水系统采用毛细封堵和定向排水相结合的方法，通过铺设纳米改性透水混凝土、负泊松比排水层等高渗透性复合排水材料，快速疏导地表和地下水，防止水在土体中滞留和冻胀。在此基础上，在路基填料中引入相变储能材料，利用其热缓冲作用，降低温度突变对路基的破坏作用。同时，将高性能抗冻聚合物土固化剂与玄武岩纤维网相结合，提高基础结构整体抗变形性能。针对高潜水位地区，采用纳米硅溶胶渗透固化层与高分子弹性隔水膜相结合的双层防渗技术，提高基础防渗性能，保证寒地园林建设的长期稳定。

（二）构建智能动态调控的植物微环境系统

极端低温是寒地园林植物生长的重要限制因素，构建智能动态调控植物微环境体系，可有效缓解寒地植物生理逆境，提升其生态适应能力。该系统以温、湿、风等多参量传感器网络为基础，结合人工智能算法，对园林生态环境进行精确调控。采用可降解纳米气凝胶作为隔热材料，在园林绿地和植物根际区铺设仿气凝胶防寒毯，增强土壤隔热性能，并在树干外喷涂自适应温控涂层，降低低温对植物组织的直接伤害。同时，利用微生境优化提升园林植物的抗寒能力，如在风口设置柔性风障，采用可伸缩式智能光伏板调节局部温度梯度，降低冷风对植物的脱水损伤。在树种配置上，利用生物信息学方法筛选当地抗寒基因库，利用基因定向编辑技术对寒地植物进行抗寒改良，培育出对低温适应性更强的乡土植物种质。同时，采用模块化生态基质体系，在立体绿化和地面绿化中应用智能温控基质，保证植物在极端环境下的正常生长。在此基础上，通过构建植物电监测系统，实时监测植物的生理状态，结合人工智能预测算法，对植物的保护策略进行动态调整，如自动启动根系加热系统、局部增湿降温系统等。

（三）开发高耐候智能自修复硬质景观材料

针对寒地风景园林中因冻融、温差变化和极端气候等因素导致的功能退化和功能失效等问题，本项目拟发展高耐候智能自修复硬质景观材料，以提高其耐久性和适应性。本项目以新材料和智能制造技术为基础，构建具有自适应保护功能的硬质园林系统。本项目拟将超疏水自清洁仿生陶瓷表面技术引入硬质铺装材料中，利用仿荷叶结构涂层降低雪冰附着，减少融雪剂侵蚀，提高材料表面耐候性。基材方面，利用石墨烯增强复合材料，结合光热转化粒子，实现表面温度自调控，降低因热胀冷缩引起的应力

集中，提高铺装体系抗裂性能。同时，将纳米自愈合聚合物界面层应用到铺装裂缝和园林景观结构等表面，使其在微裂缝出现时，利用环境湿度启动自修复机制，延长其使用寿命。针对高磨损区（如景观台阶、广场等），将动态防滑自调整技术与柔性高分子材料嵌入层相结合，在低温环境中自动形成具有更强防滑性的微结构，保障行人安全。将新型相变复合混凝土与嵌入式纳米纤维网格相结合，实现温度变化条件下材料应力的自适应调控，降低寒地气候对景观结构的破坏作用。

五、结语

本研究深入探讨了寒地城市风景园林施工中的关键技术及适应性策略，提出了针对冻融循环、极端低温及硬质景观材料衰减等问题的创新技术路径。通过采用热-水-力协同调控土壤稳定、植物微环境智能动态调控和高耐候智能自修复材料，有效提升寒地园林建设的稳定性和可持续性。研究表明，寒地城市景观设计在应对复杂气候挑战的同时，也要求通过新技术和新材料的创新，确保其长期效益。然而，随着气候变化和环境条件的改变，如何进一步提高智能、精确的施工技术仍然是今后的研究重点。未来应注重多学科融合、多学科协同，为寒地园林建设提供智能化、绿色化的解决方案。

参考文献

- [1] 马鹏. 风景园林工程的施工管理及成本控制研究[J]. 房地产世界, 2023, (24): 109-111.
- [2] 单锐. 节能技术在风景园林施工中的应用探究[J]. 房地产世界, 2023, (22): 145-147.
- [3] 李双美, 丁云峰. 寒地植物景观中的诗画意境及其营造技法[J]. 现代农机, 2022, (02): 110-112.
- [4] 万丹. 寒地城市风景园林设计中海绵城市建设的探讨[J]. 现代园艺, 2019, (24): 109-110.
- [5] 姜薇. 北方寒地城市风景园林的设计和實踐[J]. 地产, 2019, (13): 51+22.