

园林绿化项目中的绿植墙施工技术优化与实践探索

潘华杰

上海陆家嘴市政绿化管理服务有限公司 上海 201315

摘要：园林绿化项目中的绿植墙施工涉及结构安全、机电系统匹配及施工工艺优化等多方面技术问题。本研究针对绿植墙施工难点，分析轻质砌块背墙-龙骨连接力学特性，优化连接节点设计，提出加固补强措施。结合施工现场条件，改进绿植墙机电系统，深化低功耗干电池供电方案，并增强防潮与耐久性处理。在施工工艺方面，优化轻质砌块钻孔与锚固技术，优化面层工艺，植物优化选择。研究成果在实际工程中应用后，提高了绿植墙的稳定性和耐久性，优化了施工流程，降低了维护成本，为类似项目提供了可借鉴的施工技术体系。

关键词：绿植墙；施工技术优化；结构加固；机电系统改造；植物优化选择

引言

城市化进程加快，园林绿化成为提升生态环境质量和城市景观水平的重要手段。绿植墙作为垂直绿化形式，在改善空气质量、降低热岛效应、美化空间方面发挥积极作用^[1]。然而绿植墙施工涉及结构安全、机电系统匹配、面层施工工艺优化、植物配置等多方面技术挑战，特别是在轻质砌块背墙条件下，固定方式、抗拉拔能力、荷载传递等问题尤为突出。本项目在设计阶段未充分考虑机电系统的匹配性，导致施工过程中电源供给不足，影响后期运行稳定性。结合实际现状工况，优化面层施工工艺，选择适合上海气候特点的绿植墙植物。针对这些问题，优化绿植墙施工技术，提升结构稳定性和机电系统适配性，优化面层施工工艺，优化选择适生植物成为提升工程质量、延长使用寿命的重要研究方向。

1 项目概况与施工难点分析

项目位于上海浦东新区前滩国际商务区，是前滩太古里商业综合体的一部分，由太古地产与陆家嘴集团联合开发，总建筑体量约12万平方米，涵盖总部商务、文化传媒、体育休闲等核心功能。项目施工周期紧张，施工现场受限，材料堆放杂乱，导致绿植墙施工面临诸多困难。绿植墙的建筑背墙采用轻质砌块砌筑，固定方式、抗拉拔能力、荷载传递成为关键技术问题，连接节点设计不合理可能导致墙体开裂、脱落等安全隐患。此外，项目施工图纸未考虑匹配电源，滴灌系统、中控设备和补光灯的电源供应存在缺失，影响后期绿植墙的运行。为确保绿植墙的结构稳定性，优化了连接方式，提高龙骨与背墙固定点密度，采用穿墙对拉螺杆加镀锌管保护墙体，同时取消补光灯，改用低功耗干电池

供电方案，提升了系统的耐久性和运行稳定性。

2 绿植墙结构体系优化设计

2.1 轻质砌块背墙-龙骨连接力学分析

本项目中采用的背墙为轻质砌块墙体，相较于钢筋混凝土结构，其抗剪强度、抗拔强度及整体刚度较低，受力状态较复杂。在荷载传递过程中，龙骨系统需承受绿植墙自身重量、植物生长后增加的荷载、风荷载及可能的地震作用，而轻质砌块墙体在受剪和受拉状态下的承载能力较弱，连接点过少或受力方式不合理可能导致局部破坏或整体失稳。龙骨固定点的力学计算主要基于均布荷载和集中荷载共同作用下的受力分析。假设绿植墙单位面积重量为 q ，龙骨间距为 L ，单个连接点承受的力可表示为： $F = \frac{qL^2}{2}$ 。计算表明，若连接点间距过大，单点受力增大，可能导致砌块墙体局部开裂或连接件失效。因此，需要优化龙骨的固定方式，调整连接点布置，提高荷载分散能力，降低对单个连接点的应力集中效应。

2.2 连接节点优化方案

传统的绿植墙龙骨固定方式常采用膨胀螺栓直接锚固于轻质砌块墙体，但由于砌块材质松散和强度低，膨胀螺栓在受剪和受拔作用下易产生拔出破坏或局部破裂^[2]。针对这一问题，优化后的连接方案采取穿墙对拉螺杆配合夹垫片和镀锌套管的方式，以扩大受力面积增强抗剪抗拉能力。穿墙对拉螺杆采用高强度钢材两端设有固定螺母，并在砌块墙内侧增设金属夹板，以分散拉拔应力减少对墙体的集中破坏。外部镀锌套管用于保护对拉螺杆，防止长期使用过程中因应力集中导致局部破坏并提升耐腐蚀性。优化方案还包括提高连接点的布设密度，原方案中连接点间距约为1.5m，在受力分析后调整为1m以内，并优先选择与混凝土梁和板以及墙相连接以形成更稳定的支撑结构。基于此为进一步提高结构整体刚

作者简介：潘华杰，汉族，男，上海浦东，研究方向：园林绿化。

度,部分连接点采用化学锚栓加固在墙体内部形成更可靠的锚固体系。连接件的安装过程中采用专用扭矩控制工具,保障固定力矩均匀分布避免因施工误差导致的应力集中。

2.3 轻质墙体加固补强措施

为提升轻质墙体的整体承载能力,优化方案在墙体内部增设局部加固构件,主要包括竖向钢筋植筋以及碳纤维布加固及表面防护处理。竖向钢筋植筋技术采用高强度环氧树脂锚固剂,将钢筋植入墙体后借助高强度混凝土填充局部受力区域,提高墙体的抗拉和抗剪性能。碳纤维布加固技术主要用于对连接点周围区域进行加强,防止因长期受力造成的墙体剥落或裂缝扩展。墙体表面防护处理采用耐候型聚合物砂浆抹面,提高墙体的防潮和耐久性能减少外界湿度变化对墙体稳定性的影响。针对墙体因温度变化可能产生的膨胀收缩问题,在墙体适当位置设置弹性缝以降低温度应力对墙体结构的影响。施工过程中对加固区域进行局部预加载来模拟运行状态下的受力情况,保障加固措施达到预期效果。优化后的加固体系能有效提升绿植墙的结构安全性,降低长期运营过程中的维护成本提高工程的使用寿命。

3 绿植墙机电系统技术优化

3.1 电源配套缺失问题分析

绿植墙的正常运行依赖于稳定的机电系统,包括滴灌系统、中控系统、补光灯等多个子系统。然而,在项目施工过程中,施工图纸未充分考虑电源的配置,导致现场安装时出现电源接入困难。绿植墙的安装位置主要依附于建筑外墙,部分区域远离建筑主体的配电线路,预留的电源接口不足,部分区域甚至完全缺失,给机电系统的稳定运行带来挑战。滴灌系统需要定时开启和关闭,根据植物的生长周期调节水量供应,而电磁阀和控制模块均依赖稳定的供电,否则无法实现精准控制。补光灯系统原设计用于夜间或光照不足时补充光照,提高植物的光合作用效率,但由于电源布线问题,安装位置无法提供稳定的交流电源。传统的电力布线方案需要在墙体内部埋设线路或沿墙表面铺设导线,但施工难度大,维护不便,且绿植墙长期处于潮湿环境,线路长期暴露可能带来安全隐患^[3]。电源缺失的问题在实际应用中容易导致系统运行不稳定,滴灌控制失灵、补光系统无法正常工作,影响绿植墙的健康生长。解决方案需要兼顾施工便利性、供电稳定性和维护成本,避免大规模布线改造的高成本投入,同时保证系统的长期可靠性。

3.2 低功耗干电池系统设计

为解决电源供应问题,设计了一套低功耗干电池供

电系统,取代传统的交流布线方案,使绿植墙的机电系统能够在无外接电源的情况下独立运行。系统包括供电单元、控制单元和负载单元三个部分,其中供电单元由可更换的高容量锂电池或工业级干电池组成,控制单元采用低功耗MCU(微控制单元)实现滴灌系统、电磁阀和传感器的管理,负载单元包括低功耗电磁阀、无线数据传输模块及传感器。供电单元采用12V锂电池组,每组电池的容量配置为30Ah,能够提供至少3个月的续航能力,并支持模块化扩展。为了降低系统功耗,控制单元采用低功耗MCU,其待机功耗小于1mW,仅在执行控制任务时唤醒运行。电磁阀和水泵的设计调整为低功率直流驱动模式,每次开启的时间不超过15秒,减少不必要的能耗。数据传输采用LoRa无线通讯技术,将滴灌控制信号从中央控制器发送至各个独立运行的绿植墙模块,每个绿植墙模块设有温湿度传感器和土壤水分传感器,实时监测植物生长环境,并通过无线通信上传数据至中央控制系统。

系统能够基于预设的灌溉策略自动开启或关闭电磁阀,同时支持远程调节滴灌参数,确保绿植墙在不同季节和气候条件下维持适宜的生长环境。为了减少维护成本,电池系统采用模块化设计,每个模块的电池仓可独立更换,不需要整体拆卸机电设备。所有控制器、电磁阀和传感器均采用低功耗设计,并具备自适应工作模式,在不需要灌溉时进入深度休眠状态。电源管理系统内置低电量警报功能,当电池电量低于20%时,系统会自动向管理平台发送警报提醒,确保维护人员及时更换电池。最终形成的供电系统为:锂电池供电+低功耗MCU控制+无线数据传输+智能电源管理+模块化维护,保证了绿植墙机电系统在无外部电源的情况下稳定运行,并极大降低了日常维护成本。

4 绿植墙施工工艺优化与植物优化

4.1 面层种植盒

面层种植盒是绿植墙系统的重要组成部分,其材质、结构和安装方式对绿植墙的整体稳定性和美观性有直接影响。本项目选用PP(聚丙烯)材料种植盒,其具有耐高温、耐水、耐化学腐蚀的特性,适用于长期室外环境。考虑到种植盒的结构稳定性和视觉美观性,采用蜂窝状或圆形模块,确保绿植墙的整体结构坚固,并提升外观层次感。基于此种植盒的模块化设计方便施工和后期维护,使得绿植更换更加便捷,同时避免传统种植槽施工难度大、绿植更换复杂等问题。安装时采用卡槽拼接方式,保证结构稳固,并结合滴灌系统,实现精准浇灌,减少水资源浪费。

4.2 面层绿化

绿植墙的植物配置直接影响视觉效果、生态功能和维护成本。在本项目中,优化植物品种选择,并结合上海气候特点,绿植墙的具体朝向、方位和立面的整体最求的景观效果、特殊要求、确保植物能够适应室外环境,提升绿植墙的耐久性和景观效果。

4.2.1 植物品种优化选择

本项目室外环境中选用生长较快易养护类苗木,具体选用植物的习性表现为:耐干旱,抗寒性强、四季常绿、病虫害较少、观赏性较好的植物品类,少量有特殊要求的部位选用观赏时令花卉、不耐冻观赏植物,根据节日活动做替换调整,丰富景观效果,提升商业消费场所环境的舒适度。优化后选用的植物有:百子莲、肾蕨、天门冬、栀子花、红继木、红叶石楠、银边山菅兰、花叶胡颓子、杜鹃、洒金桃叶珊瑚、千叶兰、红色系的矾根、金叶石菖蒲、银边黄杨、金边黄杨、红花继木、阔叶山麦冬、大吴风草、矮生百子莲、常春藤、常绿菖蒲、火焰南天竹、金森女贞、毛鹃、银边书带草、亮晶女贞、小叶黄杨、扶芳藤,观赏时令花卉、不耐冻观赏植物不详细罗列具体品种了。基于此针对上海的气候特点(四季分明,夏季有高温、冬季有低温影响),优先选用耐寒、耐旱且适应四季变化的植物种类,以减少维护成本,提高绿植存活率。

4.2.2 绿植墙的视觉呈现

为增强绿植墙的观赏价值,采用多层次的植物配置方案,使墙面呈现更丰富的视觉效果:

色彩搭配:选用不同叶色的植物,如红色系的矾根、紫色系的薰衣草、绿色系的常春藤,形成对比增强美观性。

层次变化:高低搭配,例如上层使用悬垂植物(如千叶兰、肾蕨、花叶蔓长春),中层使用观赏性灌木(如矾根、火焰南天竹),底层铺设草本植物(如金叶石菖蒲、金叶苔草)。

线条与图案:通过不同植物的组合,形成波浪状、条纹状或与建筑呼应的几何形状的布局,提高整体视觉效果。

4.3 绿植墙施工工艺

为保证绿植墙的长期稳定性,施工过程中需严格控制关键工艺,确保种植盒与墙体的稳固结合,并优化灌溉系统,控制种植盒、苗木的安装细节,提升绿植存活率:

龙骨安装:依据前述固定方式、结合具体建筑背墙的结构形式作对应的调整。

种植盒安装:种植盒先用卡扣拼接结构连接上下盒子,再采用不锈钢钻尾自攻螺丝固定盒子,确保稳定、牢固,并用测量工具检查水平、垂直,减少施工误差。

滴灌系统布设:针对绿植的不同需水量,采用智能滴灌系统,精准控制水分供给,提高灌溉效率。

苗木的安装:使用与种植盒匹配的容器杯苗,去除塑料杯土球必须套上厚实的土工布种植袋,防泥土流失。安装时根据方案放样后实施。

5 结论

本研究针对园林绿化项目中的绿植墙施工难点,从结构稳定性、机电系统匹配及面层施工工艺及绿化配置三个方面进行优化。结构上采用穿墙对拉螺杆+镀锌套管+化学锚栓提高连接强度,优化龙骨布置,增强抗剪抗拔能力。机电系统改造采用低功耗干电池+无线数据传输+智能滴灌系统,减少布线难度提高运行稳定性。绿化配置方面,选用PP材料种植盒提升耐候性,并依据上海气候特点优化植物种类,增强绿植墙的视觉美感与耐久性。以上三个方面的优化有效提高了结构的稳定性、机电系统的稳定性、面层施工工艺及绿化效果,也提升了工程的整体质量为同类项目提供了可借鉴的技术方案。

参考文献

- [1]曲波,王志刚,雷顺祥,等.深圳国际会展中心垂直绿植墙施工技术[C]//《施工技术》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2021年全国土木工程施工技术交流会论文集(中册).中建一局集团第二建筑有限公司,2021:3.
- [2]任洁,朱守第,孟令飞,等.可升降绿植墙的关键技术研究[J].住宅与房地产,2020,(30):47-48.
- [3]夏盛玉,宋慧馨,张雅婷.关于东北地区新型立体绿植墙的构造细节设计探索[J].建筑设计管理,2019,36(04):89-93.
- [4]杨翼飞.建筑绿植装饰墙浅析[J].建材与装饰,2018,(18):135-136.