

校园景观建设中垂直绿化的应用——以南京信息工程大学为例

杨亚涵, 潘鑫*, 陈忠, 张勇, 伍宏发 (南京信息工程大学, 江苏南京 210044)

摘要 以南京信息工程大学为例, 通过现场实地调查, 对校内垂直绿化的配置情况进行了分析, 总结了垂直绿化在校园内应用的原则、形式和价值, 并提出了相关问题和对策。

关键词 垂直绿化; 生态; 藤本植物; 景观

中图分类号 S731.9 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)02-0112-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.02.030



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Application of Vertical Greening in Campus Landscape Construction—A Case Study in Nanjing University of Information Science and Technology

YANG Ya-han, PAN Xin, CHEN Zhong et al (Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210044)

Abstract Taking Nanjing University of Information Science and Technology as example, based on the field investigation, the configuration of vertical greening was analyzed, the principles, forms and values of the application of vertical greening in the campus were summarized, and problems and countermeasures were put forward.

Key words Vertical greening; Ecology; Climbing plants; Landscape

随着“双一流”建设的进一步深化以及我国高等教育规模的不断扩大, 各地高校在快速发展和扩招的同时都面临着校区土地面积、建筑用地面积和绿化面积呈现严重不足的压力。如何在土地绿化过程中提高空间利用率, 高等教育在外环境建设方面如何内涵式发展, 如何将生态文明理念植入校园景观建设中成为高校在整体规划布局时必须考虑的问题。

近年来, 垂直绿化作为校园景观提升改造的重要途径, 在河海大学^[1]、华侨大学^[2]、西南林业大学^[3]、海南大学^[4]等全国各地高校中都有应用的报道。南京信息工程大学位于南京江北新区, 校园占地面积约 135 万 m², 是一所以大气科学为特色的一流学科建设高校。笔者通过对校内垂直绿化植物的配置情况进行分析, 总结出可用于垂直绿化的植物 30 种和 7 种应用形式, 旨在为其他高校在景观建设中运用垂直绿化提供借鉴和参考。

1 垂直绿化概述

1.1 垂直绿化的定义 垂直绿化(vertical greening)的概念于 1937 年由美国学者 Stanley Hart White 提出^[5], 在国内常与立体绿化(three-dimensional greening)混淆, 此外还有屋顶绿化、立面绿化等相近词汇, 其相互之间概念的界定较为模糊且常有重叠。该研究根据江苏省工程建设标准《立体绿化技术规程》DGJ32/TJ 188—2015 和上海市工程建设规范 DG/TJ 08-75—2014《立体绿化技术规程》, 将垂直绿化定义为: 在具有一定垂直高度的立面或特定隔离设施上, 以植物材料为主体营建的一种立体绿化形式, 依工艺可分为墙面攀爬、墙面贴植和构件绿墙等类型^[6], 强调的是立面的概念, 如校内桥柱、建筑、栅栏、边界围墙、树木景石等立面, 从术语上可以看出, 屋顶绿化和垂直绿化均为立体绿化的一种形式^[7]。

1.2 垂直绿化植物的分类 垂直绿化常用的植物主要有藤本植物、垂蔓植物和绿墙植物。藤本植物又称藤蔓植物、攀援植物等, 是指茎自身不能直立, 必须依附其他物件生长的一类植物^[8], 根据其不同的生长特点和攀援方式, 主要分为缠绕类、卷须类、吸附类和蔓生类等类型。垂蔓植物不同于藤本植物, 其茎或枝条长而细软, 匍匐蔓性但多不攀援, 垂蔓植物在垂直绿化中多是呈自然披散下垂生长的态势, 如迎春花、云南黄素馨、花叶蔓长春、垂盆草、口红花、爱之蔓、吊兰等。绿墙植物主要指高度在 1.6 m 以上, 能够部分或完全遮挡住人们的视线, 通过近距离的株行距密植, 栽成单行或双行, 紧密结合, 规则种植的植物。绿墙植物多选用圆锥形或柱形树冠的常绿植物, 主要有珊瑚树、桂花、红叶石楠、圆柏、侧柏、丛生竹等。一种由植物、支撑系统、栽培模块、灌溉系统等组成的人工墙面植被系统成为近年来新兴的垂直绿化形式, 因其模块单元组合式构造, 使得一些如佛甲草、大叶黄杨、亮晶女贞、银姬小蜡、迷迭香、大花六道木、紫叶醋酱草、麦冬等色块植物得以应用, 但因其基建和管理费用较高, 少有在校园中应用的报道。

2 垂直绿化在校园中的应用原则

2.1 选材合理, 因地制宜 垂直绿化植物种类繁多, 形态多样, 在高校室外应用时以藤本植物为主。在选择时需充分利用当地植物资源, 选择本土植物, 在异地引种时, 需在能够适应当地的环境气候等条件的前提下, 选用综合评价高、引种适应性强的品种。藤本植物多样性随纬度升高呈递减趋势, 沿海高于内陆^[9], 江苏省共有野生藤本植物 153 种^[10], 河北省共有野生藤本植物 114 种^[11], 江西赣南地区共有藤本植物 225 种^[12], 广东省共有野生藤本种子植物 512 种^[13]。杜丽敏等^[14]在海南地区对 15 种藤本植物的观赏价值进行综合评价, 结果表明, 百香果和使君子的综合评分最高, 观赏价值和应用前景最好。付艳茹等^[15]在上海地区对引种的 33 种野生藤本植物进行评价, 结果表明, 香花鸡血藤、常春油麻藤、钝

作者简介 杨亚涵(1994—), 男, 江苏南京人, 研究实习员, 硕士, 从事景观设计与园林植物研究。* 通信作者, 助理研究员, 从事校园绿化环境管理工作。

收稿日期 2021-05-12; **修回日期** 2021-06-20

药野木瓜等 15 种藤本植物表现出较高的观赏价值、适应性和垂直牵引应用潜力,可作为优秀的垂直牵引应用藤本种质资源。徐冬云等^[16]筛选出了 14 种适合武汉地区的攀援植物。经现场调查,南京信息工程大学可用作垂直绿化的植物

约 30 种,其中藤本植物 23 种,灌木植物 6 种,乔木 1 种;从应用形式来看,垂蔓式 6 种,附壁式 4 种,篱垣式 12 种,廊架式 3 种,立柱式 1 种,附木式 3 种,绿墙式 4 种(表 1)。

表 1 南京信息工程大学校内垂直绿化植物配置情况

Table 1 Configuration of vertical greening plants in Nanjing University of Information Science and Technology

序号 No.	植物名 Plant name	科名 Family name	拉丁名 Latin name	形态特征 Morphological characteristics	应用形式 Application form	观赏类型 Ornamental type
1	常春藤	五加科	<i>Hedera nepalensis</i> var. <i>sinensis</i> (Tobl.) Rehd	常绿木质藤本	垂蔓式	观叶
2	地锦	葡萄科	<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Sieb. & Zucc.) Planch.	落叶木质藤本	附壁式	观叶
3	五叶地锦	葡萄科	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	落叶木质藤本	附壁式	观叶
4	乌荻莓	葡萄科	<i>Cayratia japonica</i> (Thunb.) Gagnep.	多年生草质藤本	篱垣式	观叶、观果
5	葡萄	葡萄科	<i>Vitis vinifera</i> L.	落叶木质藤本	廊架式	观叶、观果
6	忍冬	忍冬科	<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	半常绿木质藤本	篱垣式	观叶、观果、观花
7	木香花	蔷薇科	<i>Rosa banksiae</i> Ait.	半常绿木质藤本	廊架式	观叶、观花
8	藤本月季	蔷薇科	<i>Rosa chinensis</i>	落叶木质藤本	篱垣式	观叶、观花
9	野蔷薇	蔷薇科	<i>Rosa multiflora</i> Thunb.	落叶木质藤本	篱垣式	观叶、观花
10	七姊妹	蔷薇科	<i>Rosa multiflora</i> Thunb. var. <i>carnea</i> Thory	落叶木质藤本	篱垣式	观叶、观花
11	小果蔷薇	蔷薇科	<i>Rosa cymosa</i> Tratt.	落叶木质藤本	篱垣式	观叶、观花
12	凌霄	紫葳科	<i>Campsis grandiflora</i> (Thunb.) Schum.	落叶木质藤本	立柱式、附木式	观叶、观花
13	络石	夹竹桃科	<i>Trachelospermum jasminoides</i> (Lindl.) Lem.	常绿木质藤本	附壁式	观叶、观花
14	花叶络石	夹竹桃科	<i>Trachelospermum jasminoides</i> 'Flame'	常绿木质藤本	垂蔓式、附木式	观叶
15	紫藤	豆科	<i>Wisteria sinensis</i> (Sims) Sweet	落叶木质藤本	廊架式	观叶、观花、观果
16	野豌豆	豆科	<i>Vicia sepium</i> L.	多年生草质藤本	篱垣式	观花、观果
17	鸡矢藤	茜草科	<i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merr.	多年生草质藤本	篱垣式	观叶
18	何首乌	蓼科	<i>Fallopia multiflora</i> (Thunb.) Harald.	多年生草质藤本	垂蔓式	观叶
19	迎春花	木犀科	<i>Jasminum nudiflorum</i> Lindl.	落叶灌木	垂蔓式	观叶、观花
20	云南黄素馨	木犀科	<i>Jasminum mesnyi</i> Hance	常绿灌木	垂蔓式	观叶、观花
21	花叶蔓长春	夹竹桃科	<i>Vinca major</i> L. 'Variegata'	常绿灌木	垂蔓式	观叶、观花
22	扶芳藤	卫矛科	<i>Euonymus fortunei</i> (Turcz.) Hand. -Mazz.	常绿木质藤本	附木式、附壁式	观叶
23	木防己	防己科	<i>Cocculus orbiculatus</i> (L.) DC.	落叶木质藤本	篱垣式	观叶
24	打碗花	旋花科	<i>Calystegia hederacea</i> Wall. ex. Roxb.	一年生草质藤本	篱垣式	观叶、观花
25	马兜铃	马兜铃科	<i>Aristolochia debilis</i> Sieb. et Zucc.	多年生草质藤本	篱垣式	观叶
26	葎草	桑科	<i>Humulus scandens</i> (Lour.) Merr.	多年生草质藤本	篱垣式	观叶
27	珊瑚树	忍冬科	<i>Viburnum odoratissimum</i> Ker-Gawl.	常绿灌木	绿墙式	观叶
28	桂花	木犀科	<i>Osmanthus fragrans</i> (Thunb.) Lour.	常绿灌木	绿墙式	观叶、观花
29	圆柏	柏科	<i>Juniperus chinensis</i> Linnaeus	常绿乔木	绿墙式	观叶
30	红叶石楠	蔷薇科	<i>Photinia × fraseri</i> Dress	常绿灌木	绿墙式	观叶

2.2 组合搭配,丰富景观 从图 1~3 可以看出,南京信息工程大学校内有多处垂直绿化植物的搭配组合。图 1 是草本和草本的组合,野豌豆开紫色花,因其茎细柔,攀援能力较弱,处在下层位置,鸡矢藤为缠绕草质藤本,攀援能力较强,已经达到竹竿上层位置。图 2 是观叶草质藤本植物何首乌和落叶观花灌木迎春花之间的组合,均是以垂蔓的应用形式呈现,使得原本粗糙冰冷的混泥土挡墙得以绿化。图 3 是南京信息工程大学标志性历史遗留建筑——老水塔,是校内最为典型的一处应用藤本植物进行垂直绿化的案例,水塔的下层位置分别是蔓生观花藤本植物野蔷薇和缠绕类半常绿木质藤本植物忍冬的组合,水塔的外立面墙壁上布满了吸附类落叶木质藤本地锦,是一处震撼的垂直绿化景观。由此可见,高校在应用垂直绿化进行景观改造时,需注意植物间的搭配组合,充分考虑不同藤本植物的特性和差异,根据不同

的攀援能力、攀援特性、观赏类型、形态特征、应用形式等进行合理搭配,从而达到最佳的观赏效果。

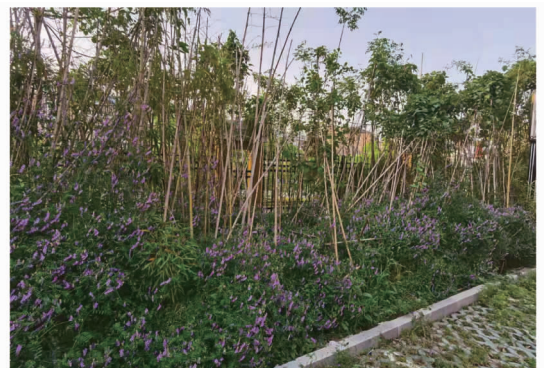


图 1 野豌豆+鸡矢藤

Fig.1 *Vicia sepium* + *Paederia scandens*



图2 何首乌+迎春花

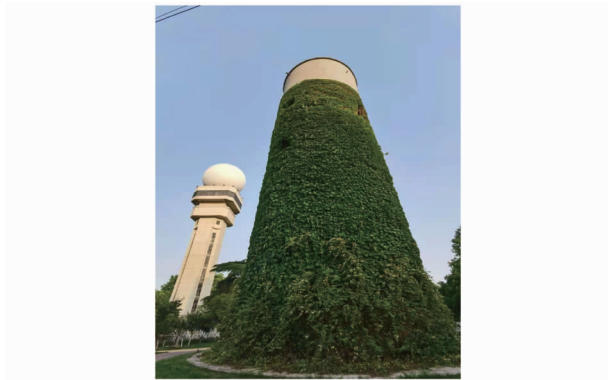
Fig.2 *Fallopia multiflora* + *Jasminum nudiflorum*

图3 忍冬+野蔷薇+地锦

Fig.3 *Lonicera japonica* + *Rosa multiflora* + *Parthenocissus tricuspidata*

2.3 彰显特色,营造意境 高校在应用藤本植物进行垂直绿化时还需与自身的办学特色充分结合。艺术类和文科类高校应充分展现藤本植物的观赏价值,尤其是其攀援、垂蔓、自然随性等特征可以给该类高校的学生提供良好的写作和绘画素材,可运用多种藤本蔷薇、藤本月季、紫藤、叶子花、珊瑚藤、炮仗花、龙吐珠等观花类藤本植物。葫芦、圣女果、丝瓜、黄瓜、葡萄等蔬菜和水果类攀援植物为农林类高校宣传教育和教学科研提供了良好的素材。以医学、药学领域见长的高校,可选用忍冬、何首乌、雷公藤、鸡血藤、南蛇藤等药用藤本植物进行校园的垂直绿化。体育类、理工科类、政法类和警校类高校在运用垂直绿化植物美化校园时,为了营造团结紧张、严肃活泼、严谨治学的校园文化和氛围,可采用规则式的形式,将珊瑚树、侧柏、红叶石楠等绿篱植物的立面修剪成与地面垂直,藤本植物因其茎多为蔓性匍匐或缠绕,导致其长势较为杂乱,在该类高校中应用时需注意增加修剪和人工牵引的频率。

3 垂直绿化在校园中的应用形式

3.1 附壁式 附壁式是校内常用的一种垂直绿化形式,指充分利用攀援植物的吸附能力,对各类建筑物的外立面和假山景石等外表面进行美化的一种形式。图4、5分别采用了地锦和络石作为附壁式的植物材料,远远望去仿佛给粗糙单调的建筑披上了绿色外衣,给灰暗冰冷的景石套上了生动飘逸

的长发,使得原本坚硬刻板的硬质景观焕发出蓬勃生机。附壁式需充分考虑墙面的朝向、粗糙程度和饰面用料的附着能力等因素,表面粗糙不易脱落的墙面更有利于藤本植物的攀爬和生长,若饰面材料过于光滑或易脱落垮塌,可在墙面人工安装条状或网状支架,使藤本植物顺着支架向上攀援,从而起到美化墙面的作用。



图4 建筑外墙

Fig.4 Exterior wall of building



图5 景石

Fig.5 Landscape stone

3.2 垂蔓式 一般来说,垂直绿化多是利用藤本植物自下而上的攀援能力进行装饰美化,而垂蔓式则与其他形式不同,是一种自上而下的垂直绿化形式,所选择的植物材料可以是常春藤、花叶络石、木香花、光叶子花等藤本植物,也可以是一些可自然下垂生长的垂蔓植物。如图6和图7中,在阳台、窗台、坡道、台阶和其他挡墙等上部开设种植池,使迎春花和云南黄素馨等植物形成下垂生长的态势,从而美化墙面,缓和高差感。垂蔓式在室内和屋顶的垂直绿化应用中也很常见,常用的植物有吊兰、绿萝、花叶蔓长春和部分可下垂生长的多肉植物等。

3.3 立柱式 缠绕类和吸附类藤本植物是立柱式垂直绿化的主要植物资源(图8),常被应用于建筑立柱、路灯杆、电线杆、监控杆、景观柱等,该类构筑物大多具备实用功能且多建造在硬质路面上。为了避免遮挡,一般在校内垂直绿化中并不多用,如果是建造在土层上,其下方也会有混凝土基础,土壤情况较差可考虑选择抗性和适应性强的品种或换土后栽植。

3.4 篱垣式 篱垣式主要是应用一些蔓生搭靠类或卷须类藤本植物,一般需要人工牵引在矮墙、竹篱、栅栏、铁丝网或



图 6 阳台、窗台
Fig.6 Balcony and windowsill

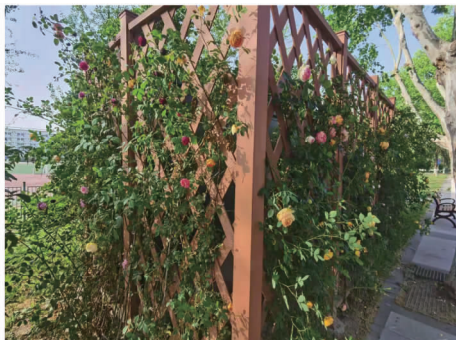


图 9 木栅栏
Fig.9 Wooden fence



图 7 挡墙
Fig.7 Retaining wall



图 10 铁栅栏
Fig.10 Iron fence



图 8 立柱
Fig.8 Pillar



图 11 葡萄廊架
Fig.11 Grape frame

围栏之上。篱垣式在校内垂直绿化应用中随处可见,可起到分隔空间、降尘减噪的作用。图 9 是一处室外环网柜,用木栅栏进行围挡并种植了藤本月季,图 10 是学生宿舍内庭,每年攀靠在铁栏杆围墙上的七姊妹盛开之时都会成为师生们的拍照打卡地。

3.5 廊架式 图 11 和图 12 分别是长望楼西侧的葡萄廊架和藕舫园的紫藤廊架。廊架式主要指应用藤本植物缠绕或攀靠在防腐木、竹、石材、金属、钢筋混凝土等材质的廊架上,可应用的藤本植物有缠绕类的紫藤、忍冬等,卷须类的炮仗花、葡萄等,蔓生类的木香花、藤本月季等,种植成形后夏季茂盛期可以将廊架顶部完全或部分遮挡,为师生提供了良好的聊天休息、学习阅读、观花赏景和遮阴纳凉的场所。

3.6 附木式 大学的绿化面积较大,树木较多,不乏会有一些由于养护不到位等造成树木枯亡的情况,有些树木历史悠

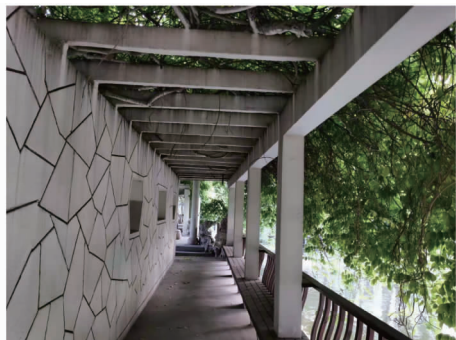


图 12 紫藤廊架
Fig.12 Wisteria sinensis frame

久甚至与学校同龄,具有怀念价值或种植在人流量较大的场所不宜去除,或去除后影响美观且重新补植又很难在短期内达到理想的效果,此时便可利用附木式的形式,运用藤本植物将其重新绿化,营造出“沉舟侧畔千帆过,病树前头万木

春”的景象,如图13凌霄攀援在枯亡的雪松上。

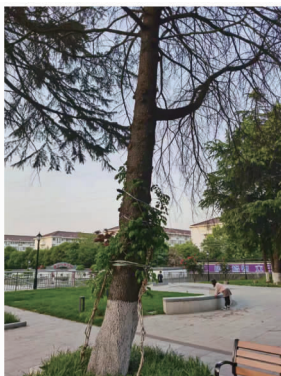


图13 树枝树干

Fig.13 Branches and trunks

3.7 绿墙式 高校在边界围墙的建设和设计中缺乏景观性、整体性和延续性,老式糙面混凝土围墙或砖砌粉刷围墙仍较为常见,多数已经破败不堪。为了将其美化,防止校外人员翻墙造成安全隐患,可采用绿墙式的垂直绿化形式,一般需将珊瑚树、圆柏、侧柏等密集种植。为了增加观赏性和强调“墙”的概念,可将其立面修剪在一条线上并与地面垂直,如图14、15。



图14 珊瑚树绿墙

Fig.14 The green wall of *Viburnum odoratissimum*



图15 圆柏绿墙

Fig.15 The green wall of *Juniperus chinensis*

4 垂直绿化在校园中应用的价值和意义

4.1 美化校园环境,提升校园景观 垂直绿化植物种类丰富,应用形式多样,具备优良的观赏价值。春有紫藤,夏有凌霄,紫藤花冠似蝶,花开时若万千紫蝶飞舞,凌霄老干扭曲盘旋,苍劲古朴,其花色鲜艳,芳香味浓,且花期很长。藤本月季花型丰富多样,花色艳丽奔放,花期持久,香气浓郁。运用

藤本植物进行垂直绿化,可以缓和人地关系的矛盾和绿化与硬化之间的矛盾,柔化建筑物的生硬线条,达到刚柔并济的效果。此外,垂直绿化还可以提升校园的绿化覆盖率,增加校园绿量,拓展绿化空间,提高空间利用率,从而提高校园的整体环境绿化水平。

4.2 改善校园生态 十九大报告中指出,要加快生态文明体制改革,建设美丽中国。垂直绿化对改善校园生态有着重要影响,陈宇等^[17]从垂直绿化的形式和绿化方位等方面,通过测定温度、湿度等客观环境数据,分析得出了垂直绿化具有显著降温增湿效应,对提高人体舒适度有积极影响。高校的建筑数量较多,人员相对密集,因此能耗也大,垂直绿化可以给建筑提供额外的隔热层,遮挡太阳辐射,降低冷风掠过建筑表面的风速,从而降低建筑能耗^[18]。除此之外,垂直绿化还具有释氧固碳^[19]、降声减噪^[20]和改善空气质量^[21]等作用。

4.3 培育校园文化,践行育人使命 高校是素质教育的重要阵地,肩负着新时代立德树人的根本使命,高等教育的内涵式发展是必然趋势。校园的环境绿化与市政、公园等不同,在满足景观和生态需求的同时,还需兼顾环境育人的作用和校园文化的培养。广大青年要与时俱进,敢于上下求索,藤本植物因其向上攀援向下伸展,给人展现出一种蓬勃奋发、积极向上和顽强拼搏的精神面貌。

5 校园垂直绿化的问题和对策

5.1 以自然式攀援植物为主,缺乏设计感 目前校园内主要是通过攀援植物自然生长来进行垂直绿化,多无专项规划设计,景观效果欠佳。可在设计时运用铁丝网通过网格分布制造人工隔断,以达到图案造型的效果,从而提升观赏性。人工垂直绿化是由种植于垂直的种植床上的植物组成,和传统自然垂直绿化相比有着植物选择余地大及易构成精美的植物图案等优点,但其施工技术要求和养护费用相对较高,可在校园的关键节点位置进行点缀。

5.2 垂直绿化所选植物种类单一,形式单调 校园内的垂直绿化植物以紫藤、蔷薇、藤本月季、迎春等较为常见,乡土野生植物的应用和特色植物的引种相对较少,应用形式以附壁式和篱垣式为主,以单一植物造景居多,未进行很好地搭配组合。可加强垂直绿化植物的多样性建设,如南京高校可适当选择南蛇藤、蛇葡萄、薜荔、云实、萝藦、雷公藤、葛萝、木通、南五味子、常春油麻藤等垂直绿化植物,并通过合适的应用形式搭配种植。

5.3 养护工作滞后 高校校园的绿化养护工作大多是由后勤职工或者是临时外包人员负责,专业技术能力不强,管理相对松懈,缺乏专业性养护团队和智能的养护系统。建议对养护工人进行专业化管理、指导和培训,或通过引进高质量的绿化养护单位,将绿化养护工作社会化。为节省人工养护费用,还可以引进智能化绿化养护管理系统,管理人员通过后台数据,实时掌握绿化植物的生长状况,通过自动喷淋等方式提高养护效率,减少能耗。

6 结语

校园是培养青少年成人成才的地方,校园环境一直以来

都是社会大众所关注的热点问题之一。垂直绿化凭借着其独特的造景能力和丰富的价值功能,成为建设园林式校园的重要途径。面对全球日益严重的环境问题,校园建设应当走可持续发展道路,建设环境友好型和资源节约型校园,促进人与自然的和谐发展。

校园的环境景观是一所学校给人的第一印象,在运用垂直绿化进行校园景观建设的过程中,始终遵循“以生为本、环境育人”的建设理念,充分利用垂直绿化的观赏价值、生态效益和育人价值,根据不同植物的观赏类型、形态特征和生长习性进行科学合理搭配设计,精心施工和养护,给师生创造出优美的学习环境和浓厚的文化氛围,不断提高师生的幸福感、荣誉感以及学校的社会认可度。

参考文献

- [1] 河海大学后勤管理处.美化校园 环境育人:河海大学立体绿化纪实[J].国土绿化,2012(11):38-39.
- [2] 赖柳萍.南方大学校园垂直绿化浅析:以华侨大学厦门校区为例[J].福建建筑,2014(3):116-118.
- [3] 王丹莹,李煜.攀援植物在校园垂直绿化中的应用:以西南林业大学为例[J].农业与技术,2015,35(22):154,157.
- [4] 凌青根,单家林.海南大学校园垂直绿化植物的调查[J].安徽农业科学,2009,37(36):8270-8273.
- [5] 陈明,戴菲,殷利华.基于内容分析法的中国垂直绿化研究进展[J].风景园林,2018,25(5):104-109.
- [6] 陈雪.深圳市办公建筑立体绿化设计研究[D].成都:西南交通大学,2019.

(上接第 111 页)

参考文献

- [1] 高芸.生防芽孢杆菌及假单胞菌拮抗植物微生物病害研究进展[J].北方园艺,2021(2):131-136.
- [2] GAO J W, XIE G F, PENG F, et al. *Pseudomonas donghuensis* sp. nov, exhibiting high-yields of siderophore[J]. Antonie van Leeuwenhoek, 2015, 107(1):83-94.
- [3] 蒋海霞,周莲,何亚文.铜绿假单胞菌生防菌株抑菌代谢产物及其生防应用研究进展[J].微生物学通报,2015,42(7):1338-1349.
- [4] PARKINS M D, SOMAYAJI R, WATERS V J. Epidemiology, biology, and impact of clonal *Pseudomonas aeruginosa* infections in cystic fibrosis[J]. Clin Microbiol Rev, 2018, 31(4):1-38.
- [5] KESWANI C, SINGH H B, GARCÍA-ESTRADA C, et al. Antimicrobial secondary metabolites from agriculturally important bacteria as next-generation pesticides[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2020, 104(3):1013-1034.
- [6] 陈磊.假单胞菌在烟草病虫害防治中的应用[J].安徽农业科学,2021,49(2):5-7.
- [7] 徐志伟,魏云林,季秀玲.假单胞菌噬菌体基因组学研究进展[J].遗传,2020,42(8):752-759.
- [8] 崔莹,宋凯,何亚文.假单胞菌代谢产物藤黄绿菌素化学结构、生物合成途径、调控机制及应用研究进展[J].中国生物防治学报,2021,37(1):52-59.
- [9] FERNÁNDEZ M, PORCEL M, DE LA TORRE J, et al. Analysis of the pathogenic potential of nosocomial *Pseudomonas putida* strains[J]. Front microbiol, 2015, 6:1-11.
- [10] AL-WRAFY F, BRZOZOWSKA E, GÓRSKA S, et al. Pathogenic factors of *Pseudomonas aeruginosa*-the role of biofilm in pathogenicity and as a target for phage therapy[J]. Postepy Hig Med Dosw (Online), 2017, 71:78-

- [7] 李向茂.上海市工程建设规范 DG/TJ 08-75—2014《立体绿化技术规范》解读[J].上海建设科技,2015(2):63-65.
- [8] 陈恒彬,张凤金,阮志平,等.观赏藤本植物[M].武汉:华中科技大学出版社,2013:10.
- [9] 胡亮.东亚温带藤本植物多样性及其格局[J].生物多样性,2011,19(5):567-573.
- [10] 辛建攀,田如男.江苏野生藤本植物多样性初探[J].广西植物,2017,37(3):356-364,334.
- [11] 郭学民,徐兴友,孟宪东,等.河北野生藤本植物区系分析[J].河北林果研究,2005,20(2):107-110.
- [12] 刘济祥,吕小林,李红怀.江西赣南藤本植物资源多样性调查研究[J].中国林副特产,2011(5):105-108.
- [13] 王发国,陈红锋,刘东明,等.广东省野生藤本植物资源及其在园林绿化中的应用[J].中南林业科技大学学报,2009,29(3):157-161.
- [14] 杜丽敏,杨胜莲,陈显臻,等.基于 AHP 的 15 种藤本植物观赏价值的综合评价[J].热带林业,2019,47(4):10-13.
- [15] 付艳茹,张婷,莫健彬,等.基于层次分析法的野生藤本垂直应用筛选研究[J].中国野生植物资源,2021,40(1):29-35.
- [16] 徐冬云,周媛,姚中华,等.武汉地区攀缘植物引种及评价筛选[J].安徽农业科学,2020,48(8):143-146,152.
- [17] 陈宇,宋双双,侯雅楠.南京市夏季垂直绿化对人体舒适度的影响探究[J].中国园林,2020,36(9):64-69.
- [18] 邢庆伟.夏热冬冷地区垂直绿化建筑的节能性实验研究[D].湘潭:湖南科技大学,2019.
- [19] 秦吉中,童开林.6 种藤本植物的生态效应比较[J].西北林学院学报,2013,28(5):63-65.
- [20] 陈骅.几种绿墙植物声学特性测试及降噪效果研究[D].广州:华南理工大学,2016.
- [21] 王薇,程欲玥.垂直绿墙对建筑环境的影响研究综述[J].安徽建筑大学学报,2020,28(5):76-83.

91.

- [11] SHI H M, HUANG X Q, WANG Z, et al. Improvement of pyoluteorin production in *Pseudomonas protegens* H78 through engineering its biosynthetic and regulatory pathways[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2019, 103(8):3465-3476.
- [12] SULOCHANA M B, JAYACHANDRA S Y, KUMAR S K A, et al. Antifungal attributes of siderophore produced by the *Pseudomonas aeruginosa* JAS-25[J]. J Basic Microbiol, 2014, 54(5):418-424.
- [13] BANO N, MUSARRAT J. Characterization of a new *Pseudomonas aeruginosa* strain NJ-15 as a potential biocontrol agent[J]. Curr Microbiol, 2003, 46(5):324-328.
- [14] SAWADA H, FUJIKAWA T, NISHIWAKI Y, et al. *Pseudomonas kitaguniensis* sp. nov, a pathogen causing bacterial rot of Welsh onion in Japan[J]. Int J Syst Evol Microbiol, 2020, 70(5):3018-3026.
- [15] XIE G F, ZENG M, YOU J, et al. *Pseudomonas donghuensis* HYS virulence towards *Caenorhabditis elegans* is regulated by the Cbr/Crc system[J]. Sci Rep, 2019, 9(1):1-12.
- [16] 蒋成辉,曾巧英,王萌,等. CRISPR/Cas9 构建 *srtA* 基因敲除的金黄色葡萄球菌[J].生物技术通报,2020,36(9):253-265.
- [17] YU X Y, CHEN M, JIANG Z, et al. The two-component regulators GacS and GacA positively regulate a nonfluorescent siderophore through the Gac/Rsm signaling cascade in high-siderophore-yielding *Pseudomonas* sp. strain HYS[J]. J Bacteriol, 2014, 196(18):3259-3270.
- [18] 石雨鹭,郑瑞,靳亚军,等.水稻 *OsDTH13* 基因编辑突变体的创制与分析[J].天津师范大学学报(自然科学版),2020,40(3):22-27.
- [19] 徐涵,潘超,黄竟,等.铜绿假单胞菌 *waaL* 突变体构建及糖基化系统的建立[J].生物技术通讯,2020,31(6):634-640.
- [20] 李明奇,王小凤,郭嘉,等.布鲁菌 *DK63_426* 基因缺失株的构建及生物学特性研究[J].石河子大学学报(自然科学版),2020,38(1):31-36.