

澳门石墙树类型及发生特征研究

Type and Occurrence Characteristics of Stone Wall Trees in Macao

黄颂谊 陈峥 姚翔 徐好好 肖毅强*

HUANG Songyi, CHEN Zheng, YAO Xiang, XU Haohao, XIAO Yiqiang*

摘要

澳门特别行政区现存着中国境内最古老、最完整、最集中的东西方风格共存建筑群，而在古建筑墙体上生长的石墙树，以生命体的样貌展现着澳门的文化底蕴。为更好了解石墙树及其发生特征，对澳门地区内具有重要历史文化记忆场所的石墙树及其附着的构筑物进行调查。结果表明：澳门共有石墙树木 96 株，隶属于 5 科 6 属 16 种，其中桑科榕属 *Ficus* 植物的优势最大；石墙树主要集中在场所类的不动产中。石墙树的类型根据其附着位置以及构筑物类型的不同可分为 5 种（A~E 型），经去趋势主成分分析（PCA 聚类分析），可分为 2 大类，D 类型（根系附着墙面、墙根和墙顶）的石墙树因其独特特征与其他类型有所区别而单独分为 1 类。

Abstract

There are the oldest, most complete and most concentrated Eastern and Western-style coexistence buildings in Macao. The stone wall trees growing on the walls of ancient buildings show the cultural heritage of Macao in the form of life. To better understand the stone wall trees and their occurrence characteristics, a survey was conducted on them and their attached structures with significant historical and cultural memory sites in the Macao region. The results show 96 stone wall trees in Macao, belonging to 5 families, six genera, and 16 species, with *Ficus* plants having the most significant advantage; Stone wall trees are mainly concentrated in the real estate of the place class. The types of stone wall trees can be divided into five types (A~E type) based on their attachment location and different types of structures. After detrended principal component analysis (PCA cluster analysis), it can be divided into two categories. Type D (root attachment to wall, wall root, and wall top) stone wall trees are separately classified into one category due to their unique characteristics and differences from other types.

文章亮点

1) 对澳门重要历史文化场所的石墙树及其附着构筑物进行分类；2) 通过主成分分析石墙树各变量关系，探索石墙树发生特征；3) 结合分析数据，初步探讨石墙树保育方法。

关键词

石墙树；附生构筑物；发生特征；澳门

Keywords

Stone wall trees; Epiphytic structures; Occurrence characteristics; Macao

随着城市化进程的加快，城市中的绿地空间被大量挤占，尤其是香港、澳门等人口密度高的城市，普遍存在着城市空间拥挤、绿地空间不足、居民生活质量劣化等问题^[1]。城市现存的竖向绿化在一定程度上能缓和城市快速发展和生态环境保护之间的矛盾，研究其组成结构及保育工作，对城市的

绿化发展具有一定的指导作用。由砖、石、砂浆或混凝土组成，广泛分布于城市生态系统中的遗留或新建的墙体，能为某些生物类群提供一个稳定的栖息地，在气候和生长基质的综合作用下形成独特的植物类群——墙体植物。

墙体植物在很早之前就引起了许多学者的兴趣，对这

类植物的描述最早可追溯到 19 世纪。1898 年, Traverso G.B. 曾对意大利帕维亚城堡上的植物进行多样性研究, 随后英国、意大利、罗马、波兰、捷克等地有关城墙、古建筑墙体植物的文献陆续被发表^[2]。我国关于墙体植物的研究相对滞后, 较早的研究主要是关于南京明城墙、荆州古城墙的植物多样性调查^[3~4]。近年来关于城市中墙体植物的研究呈增加趋势, 涉及的地区包括香港^[5~6]、澳门^[7~8]、浙江^[9]及重庆^[10]等, 主要侧重于墙体生境特点与植物多样性间的关系^[11], 但对于墙体植物却没有明确的定义。针对这一情况, 致力于研究香港石墙的 Chi Yung Jim 对墙体植物作出了定义, 认为墙体植物指大部分根系渗透进墙表面、缝隙或者根系位于墙体边界以内的植物, 但不包括大部分根系不在墙体边界之内的植物以及不依附于墙体的植物^[12]。澳门石墙树作为附生于石墙上的生态景观, 符合 Chi Yung Jim 对墙体植物作出的定义。

澳门历史城区, 于 2005 年被列入《世界文化遗产目录》, 是现存中国境内最古老、规模最大、保存最完整的中西特色建筑群, 具有深厚的历史文化、丰富的人文情感以及宝贵的物质遗产等多重文化价值, 也是多年来一直深受世界各地游客喜爱的旅游胜地^[13]。而生长在古建筑墙体及人工类山石上的石墙树, 在时间轴上展示着澳门的城市文脉与文化底蕴。

但是随着传统石墙建造工艺的更新, 石墙树景观愈加珍稀, 而且目前关于澳门地区石墙树的研究较少, 对石墙树保育的关注度明显不足。因此, 本研究在澳门园景绿化促进会等机构的带领下, 实地调查分布于澳门地区内具有重要历史文化记忆场所的石墙树的发生特征, 以及石墙树附着的构筑物的类型, 为深入了解石墙树与附着构筑物之间的关系, 探求合理可行的石墙树保育方式, 实现石墙树与古建筑的和谐共存提供理论依据。

1 研究区域及方法

1.1 研究区域

澳门特别行政区 (113° 31'45"~113° 35'43"E, 22° 06'39"~22° 13'06"N) 位于南海之滨、珠江口西侧, 北与珠海市相连, 东与香港特别行政区隔海相望; 属南亚热带海洋性气候, 受海洋和季风的影响, 春季潮湿多雾, 夏季炎热多雨, 台风频发^[14~15]。澳门共有维管植物 2 016 科 866 属 1 508 种, 其中野生种类 158 科 525 属 812 种^[16]。本研究的调查对象为澳门地区内具有重要历史文化记忆场所的石墙树及其附着的构筑物, 并根据澳门文化局公示的“被评定的不动产及缓冲区分布图”, 重点调查被评定的不动产及其周边缓冲区的石墙树及其附着的构筑物 (图 1), 具体包括大

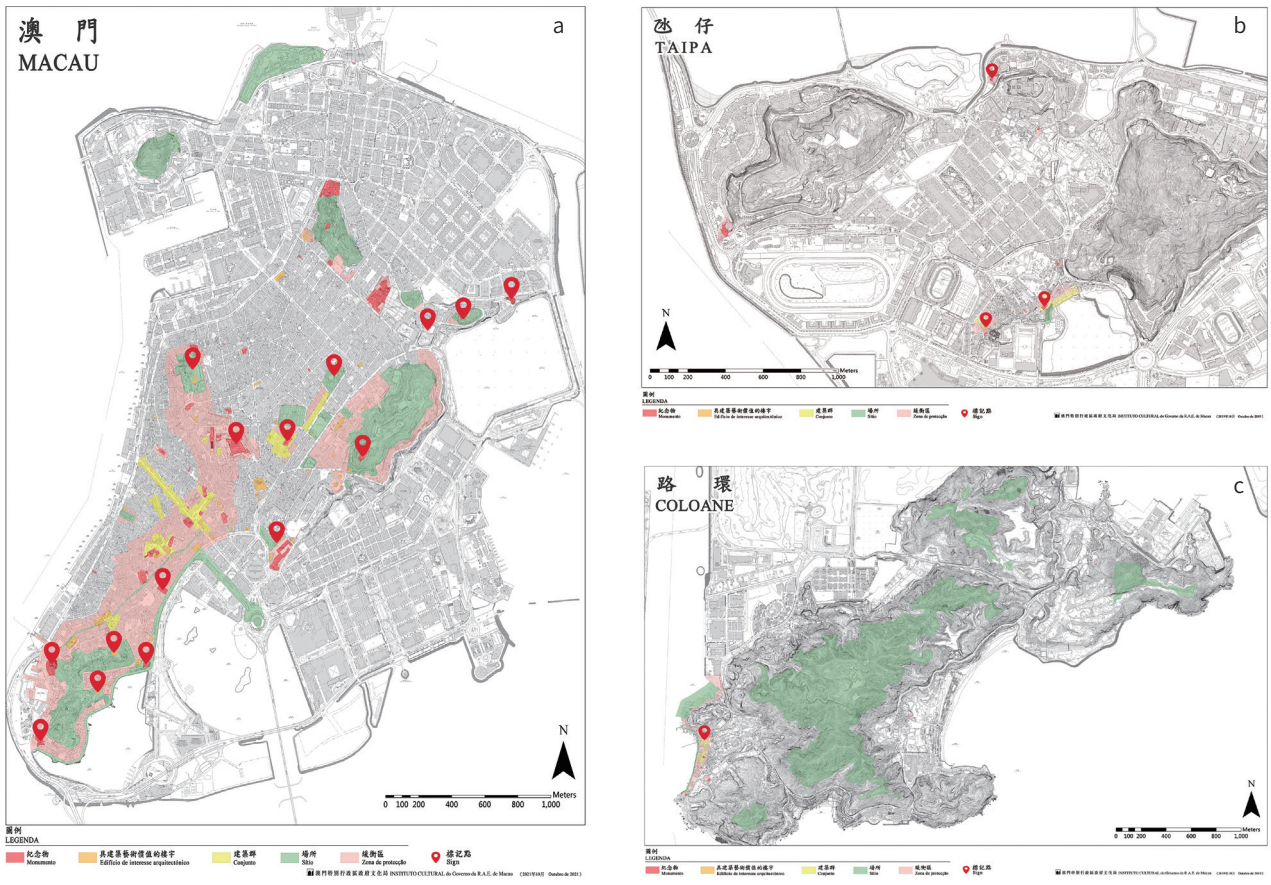


图 1 研究调查区域
Fig.1 Research and investigation area

炮台、葡国官邸、妈阁庙、天后庙、望德圣母堂、主教山小堂、嘉模圣母堂、松山圣母雪地堂、望夏公园、加思栏公园、白鸽巢公园、卢廉若公园等地。

1.2 研究方法

1.2.1 调研方法

对调查点的石墙树的种类、树高、地径、离地高度、最低活下枝高度、生态发生位置等基本信息作详细记录(表1), 并拍摄照片。

同时对石墙树附生的构筑物进行记录, 并根据现场观测及拍照记录, 判断构筑物的材料、尺寸、细部、构造做法等。

由于调研对象多处于澳门历史城区的范围内, 与澳门文化遗产的关系较为紧密, 参照澳门文化局公示的“被评定的不动产及缓冲区分布图”, 根据澳门《文化遗产保护法》, 对石墙树所在的位置区域按纪念物、具有建筑价值的楼宇、建筑群、场所及缓冲区 5 个类型进行分类标注。并在分类的基础上, 对保护区域中被石墙树破坏的构筑物进行记录。

最后, 对调查的数据进行统计分析。

1.2.2 分析方法

1) 基础统计

对调查的石墙树树种组成、分布特征、附生构筑物类型等进行基础统计, 其计算公式如下:

频率 = 出现频次 / 石墙树总量 (1)

2) 主成分分析

主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 是一种使用最广泛的数据降维算法, 通过分析保留多变量大数据集最重要的部分特征, 将关系紧密的变量合并为两不相关的新变量, 实现对数据特征的降维处理, 从而提升数据处理精度与速度。对调查的石墙树数据进行去趋势处理, 并应用 R Studio 软件, 对石墙树的类型、生态发生位置、树高、离地高度、最低活下枝高度以及地径进行主成分分析。应用 Ggord 分析包进行降维及 Clustering 聚类分析, 绘制散点椭圆分析图, 探究石墙树发生特征及影响因素。

3) 冗余分析

冗余分析 (Redundancy Analysis, RDA) 是响应变量矩阵与解释变量矩阵之间多元多重线性回归的拟合值矩阵的 PCA, 也是多响应变量 (Multi-response) 回归分析的拓展, 用于探索一个多变量响应数据集与一个或多个解释变量集之间的关系, 并通过对响应变量的线性组合进行排序来显示这种关系。应用 Canoco 5 软件, 对石墙树的类型、生态发生位置与树高、离地高度、最低活下枝高度以及地径等环境变量进行冗余分析, 探究石墙树发生特征的影响因素。

2 澳门石墙树树种与分布

2.1 石墙树树种组成

澳门的石墙树共计 96 株, 隶属于 5 科 6 属 16 种^[17] (表2)。其中, 以桑科榕属的榕树出现频次最高, 达 58 次, 频率为 60.4%。榕树能在长期缺水的环境中维持“干燥死亡”

的状态^[18], 当雨水降临时, 看似长久干燥死亡的气生根又能发出新根, 从而保证其在艰难的环境中生长。因此, 与其他植物相比, 榕树可能具有更强的抗旱能力, 从而成为石墙树的主要类群。

2.2 石墙树的分布区域特征

澳门历史城区以澳门旧城为中心, 是澳门历史文化的中心腹地、世界文化遗产中的翘楚^[19], 占地面积约 2.8 km²。历史城区东起东望洋山, 西至新马路靠内码头, 南起妈阁山, 北至白鸽巢公园^[20]。它不仅为澳门向世界旅游中心的转型提

表 1 石墙树基本信息调研方法

Tab.1 Research methods for basic information of stone wall trees

基本信息	记录方式
树高	测量石墙树树干基部发生位置至树冠顶端的高度
地径	测量石墙树离树干基部发生位置 5 cm 高度的直径
离地高度	测量石墙树树干基部发生位置至土壤地面的高度
最低活下枝高度	测量一级分枝基部至土壤地面的高度
生态发生位置	观察记录树干基部的发生位置, 一般记为墙缝、排水孔、山石、墙头栏杆接缝及其他 5 类

表 2 澳门石墙树树种

Tab.2 Composition of Macao's stonewall tree species

科	植物名称	数量 / 株	频率 / %
桑科	榕树 <i>Ficus microcarpa</i>	58	60.4
桑科	黄葛树 <i>Ficus virens</i>	7	7.3
桑科	对叶榕 <i>Ficus hispida</i>	5	5.2
桑科	心叶榕 <i>Ficus rumphii</i>	4	4.2
大戟科	朴树 <i>Celtis sinensis</i>	4	4.2
桑科	笔管榕 <i>Ficus subpisocarpa</i>	3	3.1
大戟科	土蜜树 <i>Bridelia tomentosa</i>	3	3.1
桑科	高山榕 <i>Ficus altissima</i>	2	2.1
含羞草科	银合欢 <i>Leucaena leucocephala</i>	2	2.1
桑科	印度榕 <i>Ficus elastica</i>	2	2.1
蔷薇科	枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>	1	1.0
桑科	垂叶榕 <i>Ficus benjamina</i>	1	1.0
桑科	琴叶榕 <i>Ficus pandurata</i>	1	1.0
桑科	杂色榕 <i>Ficus variegata</i>	1	1.0
大麻科	山油麻 <i>Trema cannabina</i> var. <i>dielsiana</i>	1	1.0
桑科	斜叶榕 <i>Ficus tinctoria</i> subsp. <i>gibbosa</i>	1	1.0

供了可贵的历史文化资源，还承担着澳门城市文脉的保护与延续的重任^[21]。

调查表明，分布在澳门历史城区范围内的石墙树有 74 株，而分布在其他区域的石墙树有 22 株。在澳门历史城区范围内的石墙树集中分布在 12 处，其中分布最多的地点是葡国官邸（21 株），其次是妈阁庙（13 株）、白鸽巢公园（12 株），其他地点分布均少于 10 株（图 2~3）。从分布位置来看，石墙树分布在场所的频次最多，达 45 次；其次，石墙树在纪念物区域出现 14 次，在缓冲区出现 12 次，在建筑群出现 4 次；未分布在具有建筑价值的楼宇中（表 3）。

3 石墙树附生构筑物类型及立面分析

3.1 附生构筑物类型

为了更好地理解石墙树与构筑物的关系，以及探索石墙树的生长是否与构筑物砌筑方式和材料相关，针对石墙树的生长环境进行调查。参考香港《石墙树管理指引》，澳门石墙树附着的构筑物包括砌筑石墙、与园林建筑结合的山石、建筑墙体和围栏 4 类；又根据砌法将砌筑石墙分为 3 类（表 4）。调查结果显示，澳门石墙树多分布于历史保护区

中的场所与缓冲区内的公共绿地，多附生于砌筑石墙和建筑墙体，承载着当地场所文化记忆，具有重要的保护意义。同时还发现石墙树周围区域皆有潮湿的植物根系附着在构筑物的缝隙，这与澳门石墙的材质、临海环境及构筑物受风化影响程度^[11]有关，也与石墙的砌筑工艺密切相关。

早期的澳门古城墙是由泥土、稻草和牡蛎贝壳制成的石灰的混合物，经过一层层强烈夯打而成，坚固且结实，比石头更能承受炮击。这种夯土法常被用于炮台、要塞等军事设施的建设，如松山圣母雪地堂、主教山小堂、大炮台等建成于 17 世纪的古建筑城墙，如今主教山小堂中仍残留有部分的夯土城墙^[22]。距今 180 年前，以“夹心形式”建造的砌石墙开始在澳门流行，此类石墙的外层以大且相对平整的石块拼砌，底层用小的石块铺垫，中间夹层则用碎石和泥土填充，而且石块之间用砂与石灰的混合物进行粘合。树木的根系能较容易地着生于此类石墙中，故其成为主要的石墙树附着构筑物。此类砌墙工艺一直沿用至 20 世纪中叶^[11]，大量在此期间建成或修复的古建筑如葡国官邸、加思栏公园、望德圣母堂、嘉模圣母堂等均使用此类工艺。在 20 世纪后半叶，砌石墙技术逐渐改良，开始将经过切割的边界齐整、尺寸统一的花岗岩作为建设材料，并将混凝土作为石块间的粘合剂。

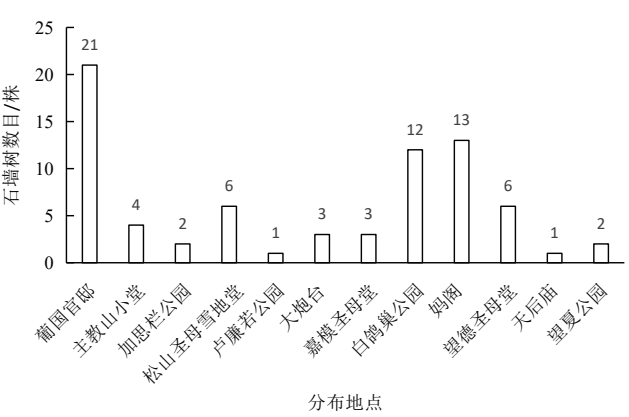


图 2 澳门历史城区范围内的石墙树分布现状
Fig.2 Current distribution of stonewall trees of the Historic Centre of Macao

表 3 石墙树附生的构筑物分布位置统计
Tab.3 Statistics on the distribution location of structures attached to stonewall trees

分布位置	频次	频率 /%
纪念物	14	14.6
具有建筑价值的楼宇	0	0
建筑群	4	4.2
场所	45	46.9
缓冲区	12	12.5
无	21	21.9

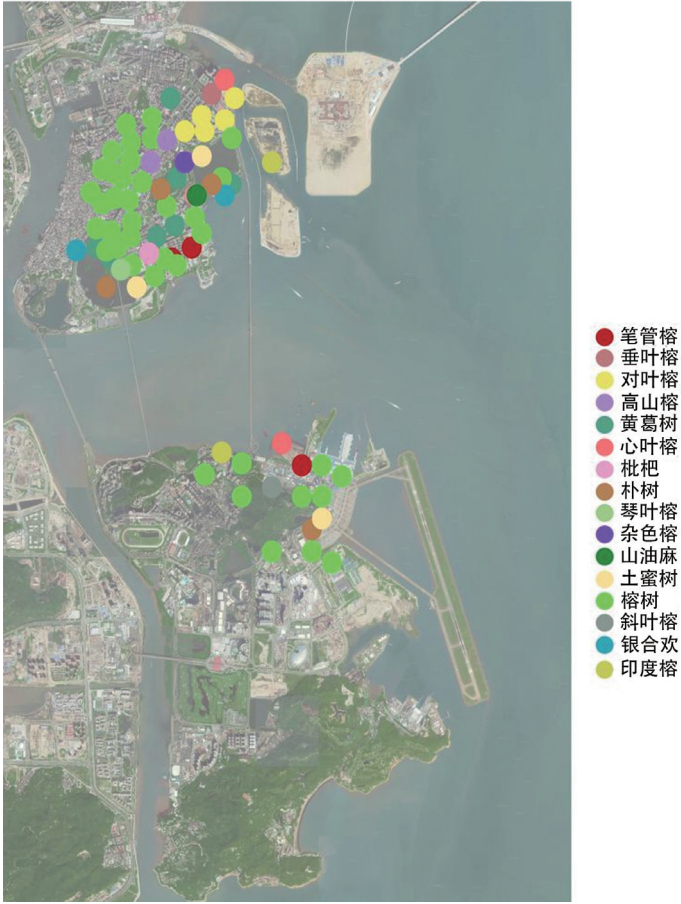


图 3 澳门石墙树分布
Fig.3 Distribution of stonewall trees in Macao

石墙整体平整且光滑，树木难以附生，因此在这个时期以后砌筑的石墙少有石墙树发生（图4）。

调查统计表明，在石墙树附生的构筑物中，砌筑石墙（1类）出现频次最多，有58次，其中1.1类砌筑石墙出现51次，频率为53%；其次，建筑墙体（3类）出现28次；与园林建筑结合的山石（2类）和围栏（4类）出现较少，频次分别为6次和4次（图5）。砌筑石墙上部多有栏杆和排水孔，石墙与栏杆转换交接的位置由于材料或结构的变化，缝隙以及线脚、平台比较多，容易积水且有一定平面宽度，为植物提供了大量潮湿环境的生态发生位置。因此，砌筑石墙成为石墙树发生占比最高的附生构筑物类型。

3.2 澳门石墙树类型

基于 Chi Yung Jim 的研究^[6,12]及香港《石墙树管理指引》，根据根系附着构筑物形式，将石墙树分为4种类型，包括：附着墙面（A型）、附着墙面和墙根（B型）、附着墙面和墙顶（C型），以及附着墙面、墙根和墙顶（D型）。同时根据澳门调研石墙树记录的情况，增加了附着墙顶（E型）石墙树（图6）。

经调查发现，在澳门的白鸽巢公园、卢廉若公园和加思



图4 澳门地区石墙砌筑工艺的发展
Fig.4 Development of stone wall masonry in Macao region

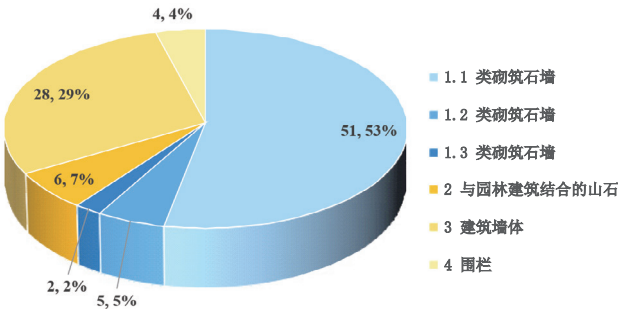


图5 石墙树附生的构筑物统计
Fig.5 Statistics of structures attached to stonewall trees

表4 石墙树附生的构筑物分类		
Tab.4 Classification of structures attached to stonewall		
类别	特征	示例
1.1 类砌筑石墙	由尺寸与形状相对规整的石块砌筑而成，靠水泥砂浆做石块的“粘合剂”，石块之间间距大，缝隙中都是水泥砂浆，上部隔一定的距离会设置排水管	
1.2 类砌筑石墙	由尺寸与形状相对规整的石块砌筑而成，靠水泥砂浆做石块的“粘合剂”，石块之间间距小，所使用的水泥砂浆量少，很难看到水泥砂浆的存在，整个墙面像用石块直接垒砌	
1.3 类砌筑石墙	由尺寸与形状规整的石块砌筑而成，靠水泥砂浆做石块的“粘合剂”，石块之间间距小，所使用的水泥砂浆量少，在石墙外部使用混凝土在石块接缝处进行加固	
2 与园林建筑结合的山石	由相对比较完整的黄石石块、太湖石垒起的假山，结合园林廊亭建筑砌筑的假山	
3 建筑墙体	主要为砖块砌筑而成的砖墙，外面通常涂有混凝土	
4 围栏	主要分为混凝土围栏和具有瓷片饰面的砖砌围栏	

栏公园等地的人工砌筑的大型假山上生长着树木。本研究将此类树木也划属为石墙树，但由于其数量过少，不将其单独作为一类进行讨论与分析。

通过对澳门石墙树进行考察与统计，发现石墙树以附着墙面（A 型）以及附着墙面、墙根和墙顶（D 型）2 类居多，分别为 31 株和 36 株，占总石墙树数量的 32.3% 和 37.5%（表 5）。其中，A 型石墙树的种类丰富，包括榕树、黄葛树、对叶榕、笔管榕、印度榕、土蜜树、银合欢、枇杷、山油麻；D 型石墙树的种类仅有桑科的榕树、黄葛树、高山榕、笔管榕。这说明 A 型是石墙树最基础的类型，而桑科榕属植株因其根系发达，加之气生根可吸收空气中养分或落地吸收更多养分，逐渐发育成为 D 型石墙树，其庞大的根盘对构筑物物的影响更明显。

3.3 澳门石墙树的附着立面分析

为进一步探索石墙树发生特征与附着立面稳定性的影响因素，通过对 96 株石墙树的类型、生态发生位置、树高、离地高度、最低活下枝高度以及地径的数据进行去趋势处理，并进行主成分分析、冗余分析及相关性分析。

主成分分析结果（图 7）显示，主成分 PC1（石墙树类型）的占比为 57.88%，主成分 PC2（石墙树生态发生位置）的占比为 32.96%；二者主成分占比合计为 90.84%，超过 90%，符合数据置信区间。石墙树类型（PC1）受最低活下枝高度（minBH）以及离地高度（HG）的影响更大；而石墙树生态发生位置（PC2）受树高（H）及地径（GD）的影响更大。PCA- 聚类分析结果（图 8）显示，A、B、C、E 类型的石墙树基本聚类在一起，D 类型的石墙树单独聚为一类，与 PCA 结果按默认 68% 的置信区间分组形成的椭圆核心区域基本一致。

冗余分析结果显示（图 9），树高、离地高度、最低活下枝高度以及地径等环境变量对石墙树的类型、生态发生位置的影响达 90% 以上。石墙树类型受最低活下枝高度以及离地高度的影响更大；而石墙树生态发生位置受树高及地径的影响更大。贡献率由高到低分别为离地高度（50.9%）、树高（29.0%）、最低活下枝高度（19.6%）、地径（0.5%），与 PCA 结果基本一致。

通过对石墙树的类型、生态发生位置、树高、离地高度、

最低活下枝高度以及地径进行去趋势主成分分析，可将石墙树分为 2 大类，A 型 ~C 型和 E 型为一类，D 类型石墙树因与其他类型的石墙树有较明显的区别而单独归为一类。石墙生境和自然界中岩石生境极为相似，均为接近垂直、干旱和贫瘠的极端环境^[23]。但并不是所有的石墙都能生长植物，植物能否成功迁入并定居墙体，取决于石墙是否满足 2 个条件：1）有充足的垂直表面和水平表面空间；2）石缝间的粘着剂要被风化，或者石墙表面粗糙不平、易集聚基质。此外，为了获得充足的水分和养分供应，石墙树不仅要确保占有足够的墙面生存空间，还要充分利用墙根和墙顶周围的自然土地，因此，Chi Yung Jim^[11-12]认为墙体与其周围的环境在决定石墙树生长方面起着比墙体内在结构更为重要的作用。PCA 聚类分析将充分运用周边空间的 D 型石墙树单独归为一类，进一步验证了该假说。

结合调查数据，聚成一类的 D 型石墙树共有 37 株，为桑科榕属的植物，包括榕树 33 株，黄葛树 2 株，高山榕 1 株，笔管榕 1 株。它们的生态发生位置以墙缝（或石缝）、排水孔为主，分别为 16 株和 14 株。墙缝及排水孔可为植株提供风化土壤及水分，大大增强了石墙树的生长潜力。以榕树为主的石墙树的不定根发达，在潮湿的空气中可萌发大量须状气生根，帮助其汲取更多生长养分，这也是发展为 D 型石墙树的必要因素。但过度扩展的根系会为石墙树附着构筑物带来沉重的负担，可利用榕属植物的树种特性，采用引根技术，引导石墙树气生根入地并增粗生长成为支柱根，使其逐步发展为 D 型石墙树，在给予石墙树足够生存空间的同时，

表 5 澳门石墙树类型统计

Tab.5 Statistics on types of stonewall trees in Macao

石墙树类型	频次	频率 /%
附着墙面（A 型）	31	32.3
附着墙面和墙根（B 型）	11	11.5
附着墙面和墙顶（C 型）	14	14.6
附着墙面、墙根和墙顶（D 型）	36	37.5
附着墙顶（E 型）	4	4.2

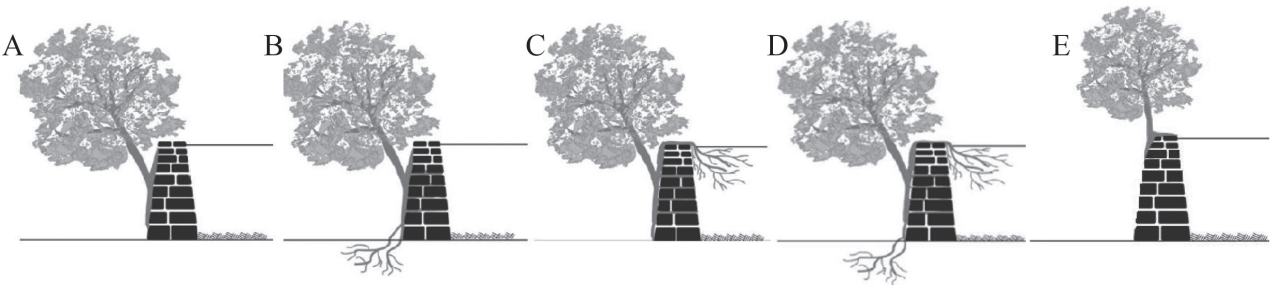


图 6 石墙树类型
Fig.6 Stonewall tree types

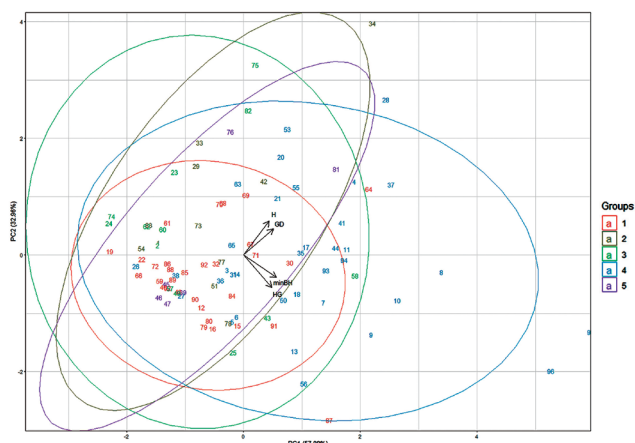


图7 PCA 主成分散点-椭圆-成分丰度分析图

Fig.7 PCA main formation dispersion point-ellipse-component abundance analysis plot

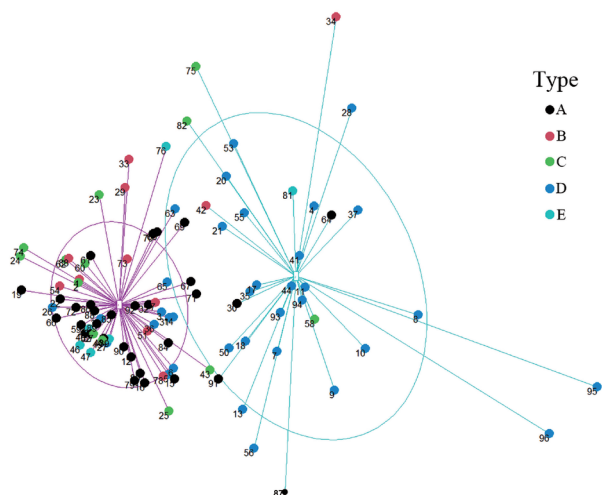


图8 PCA 聚类分析图

Fig.8 PCA-Clustering analysis plot

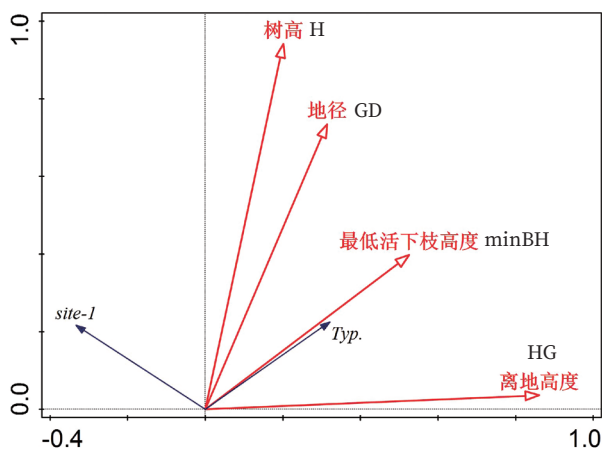


图9 冗余分析图

Fig.9 Redundancy analysis diagram

起到均衡树体重心的作用，减轻石墙的负担，实现石墙树与古建筑的长久和谐共存。

4 结论与展望

本文以澳门地区内具有重要历史文化记忆场所的石墙树及其附着的构筑物为调查对象，通过实地调研记录其基本信息，统计得出石墙树树种组成及分布特征，并运用主成分分析（PCA）及冗余分析（RDA）对石墙树类型及发生特征进行分析，得到以下结论：1）在调查的石墙树中，桑科榕属的榕树出现频次最高，频率达60.4%。有77.1%的石墙树分布于澳门历史城区范围内具有浓厚历史韵味的景点，如妈阁庙、葡国官邸等，以及带有各国园林风情的公园如白鸽巢公园、加思栏公园、卢廉若公园等，足够形成以石墙树为主要形象的历史文化宣传点。2）砌筑石墙是石墙树发生占比最高的附生构筑物类型，而根系附着墙面、墙根和墙顶（D型）是占比最高的石墙树类型。本研究初步揭示石墙树的发生发育需要其所附着石墙具有足够的缝隙及表面，以提供稳定的水分和养分供应。3）通过PCA发现树高、地径、离地高度及最低活下枝高度对石墙树的类型和生态发生位置的贡献率高达90.84%，RDA得出结果与PCA结果基本一致。因此，结合PCA聚类分析将澳门石墙树按其类型分为2大类，D类型的石墙树因其独特特征与其他类型有所区别而单独分为一类。

石墙植被景观具有丰富城市景观格局、增加景观异质性和多样化的功能，其悠久历史与城市居民具有文化和记忆上的共鸣，特别是石墙树景观，作为城市历史文脉的象征，具有极高的保育和宣传价值。然而，随着城市更新与发展，澳门历史城区也面临着公共绿化被挤占的问题，石墙树的生存空间会遭到进一步的压缩。同时，适合石墙树定植的传统砌石墙的减少，使得现今已少有石墙树发生，澳门特有的石墙树自然文化遗产极易走向衰落。因此，基于文化价值保护的澳门石墙树树种、分布、附着形式的研究，有助于推进石墙树分类管理体系的形成。同时，澳门石墙树是近距离内树木与建筑共存的实例，对其根系附着特征及附生构筑物结构进行分析评估，可为毗邻建筑的树木的日常养护及风险管理提供参考。在未来，可将探根雷达等先进仪器运用在石墙树研究中，多角度探讨树木与建筑间的关系，探求合理可行的澳门石墙树及其附着构筑物的保育共存措施，为两者的保育共存、缓和空间使用矛盾提供有针对性的解决方案，最终达到平衡石墙树安全保护及文物建筑保护强制性要求的目标。

致谢：感谢澳门园景绿化促进会、澳门耀华环境艺术工程有限公司对本项研究工作所给予的支持和帮助。

注：图1中的地点标注底图“被评定的不动产及缓冲区分布图”来自澳门文化遗产网<https://www.culturalheritage.mo/map>；图4来自参考文献[22]；图6 A~D型图片来自香港《石墙树管理指引》；其余均由作者自绘自摄。

参考文献:

- [1] 韦怡凯. 澳门半岛高密度城区绿视率评价指标研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- [2] 王燕. 南京明城墙垂直墙体上维管植物多样性及传播机制研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- [3] 薛培, 陈薇. 南京明城墙保护及其相关植物 [J]. 建筑与文化, 2010 (2): 92-95.
- [4] 雷泽湘, 费永俊, 陈中义, 等. 荆州古城墙野生被子植物名录 I 草本和藤本植物 [J]. 湖北农学院学报, 1996 (4): 38-41.
- [5] JIM C Y. Urban Biogeographical Analysis of Spontaneous Tree Growth on Stone Retaining Walls[J]. Physical Geography, 2008, 29 (4): 351-373.
- [6] JIM C Y, ZHANG H. Defect-disorder and risk assessment of heritage trees in urban Hong Kong[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2013, 12 (4): 585-596.
- [7] 张荣京, 曾凤, 黄柳菁. 澳门墙壁植物物种多样性研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (26): 41-149.
- [8] ZHANG H, LAI P Y, JIM C Y. Species diversity and spatial pattern of old and precious trees in Macau[J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 162 (6): 56-67.
- [9] 吴玲. 环杭州湾区域墙体植物材料的调查研究 [D]. 杭州: 浙江农林大学, 2014.
- [10] 周玉洁, 黄久香. 自然植物墙体引发的新式墙面绿化启示 [J]. 现代园艺, 2017 (11): 98-101.
- [11] JIM C Y, CHEN W Y. Habitat effect on vegetation ecology and occurrence on urban masonry walls[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2010, 9 (3): 169-178.
- [12] JIM C Y. Old stone walls as an ecological habitat for urban trees in Hong Kong[J]. Landscape and Urban Planning, 1998, 42 (1): 29-43.
- [13] 王国光, 钱紫艳. 澳门议事亭前地商业街保护更新中的多维度思考 [J]. 建筑与文化, 2019 (7): 128-129.
- [14] 王琳. 澳门代表性群落植物物候研究 [D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2014.
- [15] 林鸿辉, 潘永华, 代色平, 等. 澳门公园植物资源分析 [J]. 广东园林, 2008, 30 (4): 5-8.
- [16] 王玮, 王登富, 王智慧, 等. 贵阳喀斯特城市墙壁苔藓植物物种多样性研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2018, 26 (5): 473-480.
- [17] CHEN M, HUANG S, CHEN Z, et al. Species characteristics and cultural value of stone wall trees in the urban area of Macao[J]. Scientific Reports, 2022, 12 (1): 1562.
- [18] 许永庆, 杨雪莲. 细叶榕气生根生命力的研究及应用 [J]. 生物学通报, 2017, 52 (8): 50-51.
- [19] 童乔慧. 澳门传统街道空间特色 [J]. 华中建筑, 2005 (S1): 103-105, 116.
- [20] 张松, 镇雪峰. 澳门历史性城市景观保护策略探讨 [J]. 城市规划, 2014, 38 (S1): 91-96.
- [21] 叶安琪, 柳肃. 澳门历史城区: 基于绿道理论的公共空间优化 [C]// 中国城市规划学会, 东莞市人民政府. 持续发展 理性规划——2017 中国城市规划年会论文集 (09 城市文化遗产保护). 北京: 中国建筑工业出版社, 2017: 680-691.
- [22] 吴璟昌. 澳门明清城墙调查与研究 [D]. 南京: 南京大学, 2014.
- [23] COOPER A. Plant species coexistence in cliff habitats[J]. Journal of Biogeography, 2010, 24 (4): 483-494.

作者简介:

黄颂谊 / 1982 年生 / 女 / 广东广州人 / 华南理工大学建筑学院在读博士研究生 / 仲恺农业工程学院园艺园林学院 (广州 510225) / 园林正高级工程师 / 研究方向为风景园林工程与技术、园林植物与应用

陈峥 / 1991 年生 / 女 / 福建漳州人 / 硕士 / 广东省沂绿生态科技发展有限公司 (广州 510000) / 园林工程师 / 专业方向为风景园林工程与技术、园林植物与应用

姚翔 / 1982 年生 / 男 / 广东汕头人 / 本科 / 广州市绿化有限公司 (广州 510000) / 高级工程师 / 专业方向为风景园林工程与技术

徐好好 / 1980 年生 / 男 / 江苏南京人 / 博士 / 华南理工大学建筑学院 (广州 510640) / 副教授 / 研究方向为中意城市保护和发展的对比, 历史环境中的建筑和城市设计

(* 通信作者) 肖毅强 / 1967 年生 / 男 / 广东潮阳人 / 博士 / 华南理工大学建筑学院、亚热带建筑科学国家重点实验室 (广州 510640) / 研究方向为绿色建筑、生态景观建筑 / E-mail: xyqiang@scut.edu.cn