DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.250776

桩板式生态挡墙在市政道路的应用

阳 露
(广东省冶金建筑设计研究院有限公司,广东 广州 510080)

摘 要: 随着我国科技和经济的不断发展,对城市环境提出了更高要求,市政道路作为城市形象塑造的重要环节,它不仅要满足交通功能的基本需求,更要提升城市景观风貌、改善生态环境、创造宜人的公共空间,而传统圬工挡墙难以满足城市景观要求。以广州某项目桩板式绿色生态挡墙为例,介绍一种适用于市政道路深挖路堑的挡土墙形式,对其工艺重点难点进行分析,为今后的实际工程应用提供可靠依据。

关键词: 桩板式;生态挡墙;抗滑桩;装配式面板
中图分类号: U417.1+1;TU997 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2026)01-0191-05

Application of Pile-plate Ecological Retaining Wall in Municipal Roads

YANG Lu
(Guangdong Metallurgical Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Guangzhou 510080, China)

Abstract: With the continuous development of science and technology and economy in China, the higher demands are being placed on the urban environment. As a crucial element in shaping a city image, the municipal roads must not only meet the basic functional requirements of transportation, but also enhance the urban landscape, improve the ecological environment, and create the pleasant public spaces. But the traditional masonry retaining walls are hard to meet these urban landscape requirements. Taking the pile-plate green ecological retaining wall used in a project in Guangzhou as an example, a form of retaining wall suitable for deeply excavated cuttings of municipal roads is introduced, and the key points and challenges of the technology are analyzed, which provides a reliable reference for practical engineering applications in the future.

Keywords: pile-plate; ecological retaining wall; anti-slide pile; prefabricated panel

0 引 言

挡土墙是边坡工程常见的一种支挡结构,目前在道路广泛应用的形式主要为重力式、悬臂式、扶壁式等,材料主要采用浆砌片石、混凝土等。在市政道路两侧建设大面积圬工挡墙,会让人感觉空间局促、压抑,亦难以融入周边自然环境,属于消极的景观元素。现今,国家倡导生态环保、节能降耗,传统圬工挡土墙难以满足生态建设、绿色道路的要求,需向更环保、更符合城市风貌的方向发展。

采用钢筋混凝土预制块装配式挡土墙是支挡结构发展方向之一,在边坡工程中的应用将日益广泛[1]。装配式挡墙在实际工程的应用不多,且主要应用于岩质边坡,在土质边坡的应用更少,而城市道路中土质边坡更为常见。在此基础上,以广州某项目桩板式绿色生态挡墙为例,介绍一种适用于市政道路深挖土质路堑的挡土墙形式,它主要由抗滑桩+装配式面板两部分组成,抗滑桩能有效支挡土压力和滑坡下滑力,装配式面板先由工厂标准化加工,再通过现场装配施工,结合抗滑桩及生态绿化面板为一体,既能满足边坡稳定性要求,又能提升道路景观。

1 工程概况

广州某市政道路工程,道路全长 2.62 km,红线宽度为 40 m,双向 6 车道,道路等级为城市主干路,设计速度为 60 km/h。项目所在地原天然边坡坡度约 25°~35°,坡面覆盖植被,呈天然稳定状态。拟开挖人工边坡为土质边坡,坡面由土体构成,主要岩土层为残积土及花岗岩风化层,浅表为坡积粉质黏土 2-5。边坡主要破坏模式是长期的雨水或地下水渗流作用使局部土层浸水饱和软化形成软弱层,沿软弱面圆弧滑动破坏,坡面需要防护处理。拟采用放坡支护,边坡的影响范围除路基外无其他建(构)筑

收稿日期:2025-08-04
作者简介:阳露(1989—),女,硕士,工程师,从事市政道路设计工作。

物，边坡工程安全等级可划分为二级。

本项目K1+670～K1+840左幅为公园范围，规划线位占用公园现状用地（见图1）。现状公园为山体丘陵，公园权属单位要求尽量少占用公园用地，并要求道路与公园景观衔接自然。

K1+670～K1+820左幅为二级挖方边坡，经研究，该段一级边坡采用高8 m桩板式生态挡墙支挡，坡率为1∶0.1，二级边坡采用1∶1放坡，坡顶对现状2 m宽人行道进行改路，最大坡高16 m。

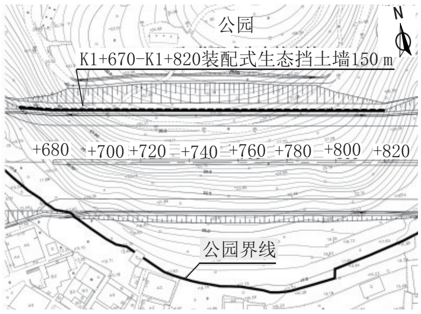

图1　边坡平面位置图

2　工程地质条件

根据边坡所处位置及岩土工程条件，坡面、坡底土层为全风化花岗岩及花岗岩风化残积土，顶部为破积粉质黏土，土层稳定性较好（见表1），具放坡空间，可采用坡率法人工放坡，亦可采用挡土墙支护。

表1　岩土设计参数建议表

编号	岩土名称	状态	天然重度γ/（kN·m^{-3}）	抗剪指标直接快剪（q）		压缩模量 Es/MPa	承载力特征值 f_{ak}/kPa	渗透系数 K/（cm·s^{-1}）
				C/kPa	φ（°）			
2-5	粉质黏土	可塑	17.1	16.1	13.7	4.25	130	2.0×10^{-5}
3-1	砂质黏性土	可塑	17.8	17.2	21.9	4.90	180	2.0×10^{-5}
3-2	砂质黏性土	硬塑	18.3	20.4	22.9	5.00	200	2.0×10^{-5}
4-1	花岗岩	全风化	19.0	24.1	23.7	6.00	320	8.0×10^{-5}

3　桩板式生态挡墙要点介绍

桩板式生态挡墙主要由抗滑桩桩身、装配式面板、基础等构成，其中，桩身作为受力构件，面板存在一定容积可培植绿植，共同作用形成生态友好的支挡结构[2]（见图2至图4）。

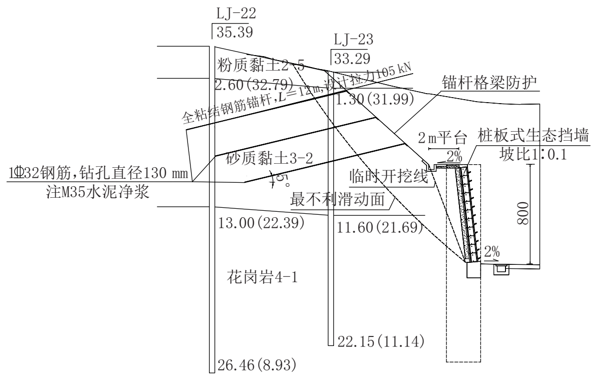

图2　边坡防护标准断面图（一）

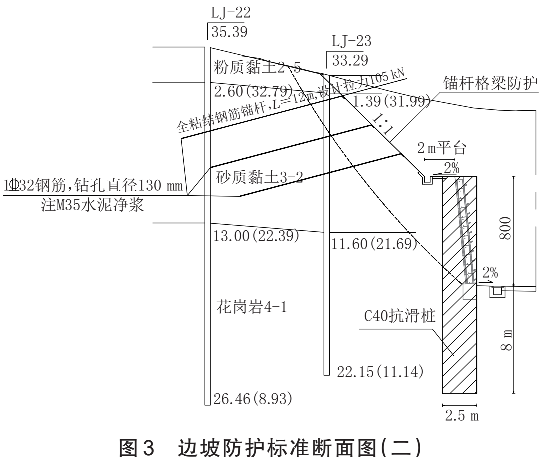

图3　边坡防护标准断面图（二）

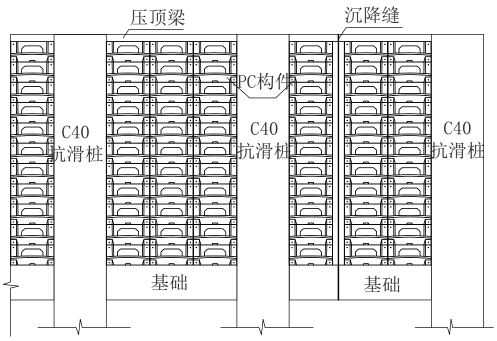

图4　桩板式挡土墙立面图

挡墙施工顺序为：边坡分层开挖→至上而下开挖至一级平台时实施桩板式抗滑桩→分段开挖一级边坡→边坡坡面挂网喷浆→开挖基础基槽→挡墙基础浇筑→挡墙分块分层吊装PC构件→浇筑肋柱混凝土→基础墙背填黏土封层→墙背回填和填筑反滤层→培植绿色植物→养护。

3.1　计算模型

3.1.1　力学计算模式

桩板式挡土墙计算主要包括：土压力或滑坡推力计算、稳定性验算、桩板内力计算。

（1）土压力和滑坡推力计算

取潜在滑面的剩余下滑力和主动土压力的较大值进行设计，主动土压力采用库伦土压力理论计算。

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos 2\theta \cos(\delta + \theta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi)\sin(\varphi - \beta)}{\cos(\delta + \varphi)\cos(\varphi - \beta)}}\ \right]^2}$$

（2）整体稳定计算

对于土质边坡，可采用简化Bishop法和瑞典条分法计算整体稳定系数。

（3）桩板内力分析

抗滑桩应按弹性地基梁法计算，采用m法或K法计算桩身内力和变形。桩前土体抗力按弹簧模拟，桩身弯矩和剪力分布应通过迭代计算确定。

（4）裂缝验算

桩身按照抗弯构件设计，无特殊要求时可不作裂缝宽度验算。

3.1.2　结构计算方法

（1）抗滑桩设计

抗滑桩应按受弯构件设计，考虑土压力产生的弯矩和剪力。桩身配筋计算应符合《混凝土结构设计规范》要求。

桩身最大弯矩计算公式：

$$M_{\max} = \frac{1}{6} K_a \gamma H^3$$

（2）面板结构计算

装配式面板应按双向板计算，考虑土压力作用和植物种植荷载。面板厚度应满足刚度和强度要求，连接节点应进行抗剪和抗拔验算。

（3）连接节点设计

桩与面板、面板与面板之间的连接应保证结构整体性，连接钢筋的锚固长度和焊接强度应满足规范要求。

3.1.3　设计控制参数

（1）荷载组合

应考虑基本组合、标准组合和地震组合等多种工况，取最不利情况进行设计。结构重要性系数取1.0，永久荷载分项系数取1.35。

（2）安全系数

抗滑移安全系数：不小于1.3；

抗倾覆安全系数：不小于1.5；

地基承载力安全系数：不小于2.0；

桩身结构安全系数：不小于1.8。

3.1.4　质量控制要求

挡墙顶水平位移应不大于$H/200$（H为挡墙高度），且不超过50 mm。

3.2　抗滑桩桩身

（1）抗滑桩截面主要分为矩形桩和圆形桩，综合考虑桩身受力特性、桩与装配式面板拼接的便利性和景观性，建议采用矩形状（见表2）。

表2　桩身截面类型对比表

桩类型	矩形桩	圆形桩
优缺点	优点：A.抗弯性能强：矩形截面惯性较大，在横向荷载（如滑坡推力）下抗弯能力优于同面积的圆形桩；侧向约束效果佳：矩形截面土体接触面积更大，能更有效约束土体侧向位移；B.由于K1+660～K1+840左幅为姬堂公园，公园对景观要求较高，面板采用生态装配式构件（1.5 m长×0.8 m宽×0.7 m高方形构件），矩形与面板的拼接更便捷。 缺点：施工复杂性，现浇时需支模，钻孔成孔工艺难度大	优点：施工效率高，钻孔灌注成孔工艺成熟（如旋挖钻、冲击钻） 缺点：A.抗弯能力受限，横向刚度弱于同截面积方桩，大推力滑坡中需增大截面或配筋，可能抵消成本优势；B.侧向约束较弱，与土体接触面积较小，对松散土体的嵌固效果略逊于方桩；C.方向适应性差，无法通过截面方向调整优化抗滑力分配，对设计精准度要求更高

（2）桩身尺寸采用2.0 m（宽）×2.5 m（深）。在桩基施工期间，首先需要对场地进行夯实与整平，以确保地基稳固。为确保施工过程中的安全，应采取可靠的安全防护措施，以防施工人员和设备受到伤害。根据具体的水文地质条件，可以选择钻孔灌注桩作为桩基施工方式。在施工前应进行详细的施工方案评审，并制定合理的进度计划。

（3）施工顺序

桩基施工的基本流程如下：

a.场地平整：首先进行场地的平整作业，确保桩位清晰、稳定。

b.测量放样：根据设计图纸，进行准确的测量与放样，确保桩位与工程设计一致。

c.钻机就位：将钻机准确就位，并进行调试，确保设备处于最佳工作状态。使用2.0 m直径钻具，在桩中心位置进行钻进。

d.埋设护筒：根据现场需要，设置护筒以防止桩孔壁坍塌，孔口可采用全套管或孔口护筒。

e.泥浆制备：制备符合要求的钻孔泥浆，确保钻孔稳定，避免沉渣。钻进过程中，如采用泥浆护壁钻进方式，泥浆的原料应选用优质黏土，以保证泥浆的黏结性和稳定性。

泥浆护壁要求：泥浆的顶面应始终高出护筒外水位1.0 m以上，以避免水土流失对孔壁造成不利影响。

泥浆性能要求：泥浆的性能和相关指标应严格按照《公路桥涵施工技术规范》(JTJ/T 3650—2020)的要求执行，确保钻孔质量和泥浆性能符合标准。

f. 钻孔：在桩中心位置进行钻进，直至深度满足设计要求。中心圆孔完成后，将旋挖钻的钻筒卸下，装上液压抓斗，沿方桩开挖轮廓线向下切削余土，反复调整，直到尺寸达到设计要求[3]。

g. 一次清孔：钻孔完成后清除孔内泥渣等杂物。

h. 建造安装钢筋笼：按照设计文件中钢筋尺寸、间距等要求建造钢筋笼，并将其安装到钻孔内。

i. 安装导管：安装导管系统，确保后续混凝土灌注的顺利进行。

j. 二次清孔：再次清理桩孔内的杂物，确保孔内无沉渣。

k. 浇筑混凝土：浇筑前需复核钢筋、预埋孔的标高、尺寸等，避免出现与设计不一致的情况；浇筑期间需连续，避免留有施工缝，以确保桩身的整体性和强度。

l. 检测：混凝土浇筑完成后，根据规范要求需检测桩身完整性，以保证桩身质量符合使用要求。

(4)挡墙基础和压顶梁的施工均采用C40混凝土进行浇筑。挡土墙基础的埋置深度应确保不少于1.0 m，以确保基础的稳定性和承载力，避免由于埋深不足导致的基础下沉或不稳定。

(5)桩身悬臂段的外立面采用刷真石漆进行涂装，真石漆的颜色应与周围环境相协调，确保结构物与周边景观相融合。

3.3　装配式面板

(1)面板采用钢筋混凝土PC构件，构件整体呈空间框格形，由左、右、后侧壁围成一定空间，底部为带一定坡度的植生板，板上可培土种植，后壁开有排水窗，可作为墙后水体排泄和植物根系与自然土体联系的通道[4](见图5、图6)。

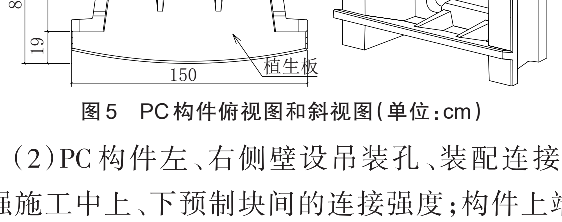

图5　PC构件俯视图和斜视图(单位：cm)

(2)PC构件左、右侧壁设吊装孔、装配连接孔，增强施工中上、下预制块间的连接强度；构件上端凸起，下端为凹槽，确保上、下预制块拼接过程中能够完全卡锁[5](见图7)。

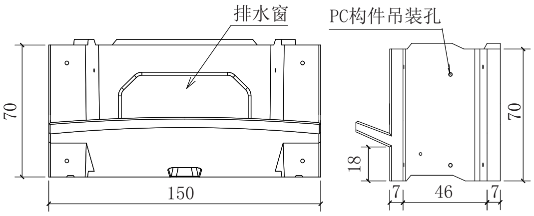

图6　PC构件正视图和侧视图(单位：cm)

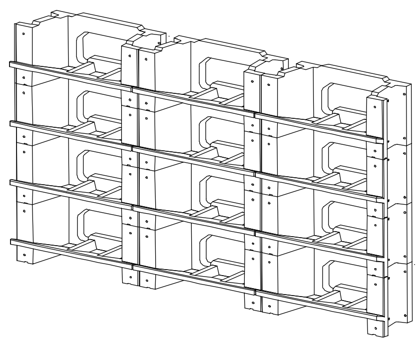

图7　桩板式生态挡土墙面板立体示意图

(3)PC构件外轮廓尺寸为1.5 m(长)×0.8 m(宽)×0.7 m(高)，采用钢模整体成型，单块重量约610 kg，构件混凝土标号C35，每块构件混凝土含量0.25 m^3，构件受压承载力荷载不低于90 kN[6]。

(4)底层PC构件安装在基础顶部，上部PC构件每次安装高度不超过3 m，待后浇肋柱混凝土强度到达80%后，方可继续安，PC构件采用吊车辅以人工安装[7]。

3.4　其他

3.4.1　肋柱

PC构件装配后侧壁间形成一闭合空间，于此空间内现浇C40混凝土形成肋柱[8]。肋柱底部通过预埋钢筋与基础连接，肋柱顶部与压顶梁连接，当肋柱侧面为抗滑桩时，肋柱钢筋与桩身箍筋焊接，使桩身–肋柱–PC构件形成良好的整体性(见图8)。

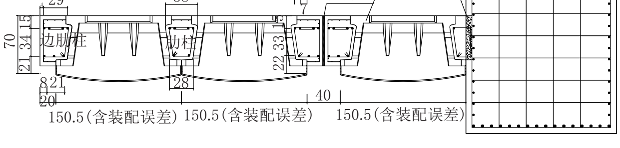

图8　肋柱连接结构图(单位：cm)

3.4.2　反滤层

在挡墙墙背墙底和距墙顶30 cm设置黏土封层，装配式面板后设置30 cm碎石反滤层，反滤层与墙体之间铺设大于300 g/m^2反滤土工布。

3.4.3　墙背回填

(1)肋柱混凝土强度达到80%，可进行回填；回填应选用中粗砂、碎石、石屑等高抗剪、强透水的材料[9]。

(2)墙后作业区面积一般不大，选取小型机械压

实或人工夯实，根据所用机械确定填筑厚度及压实遍数。

3.4.4　绿化

施工工序：选苗→培植土壤→放置土壤→放置绿植→浇水、施肥等→养护。

（1）绿植：采用适宜当地气候生长的植物，根据边坡水文地质、防护面积设计滴灌系统；

（2）苗木规格：高度不低于30 cm（不算根部），冠幅不低于15 cm；

（3）苗木栽植要求：应在保障土壤有效覆盖土球的前提下，尽量保障苗木有效遮盖土壤及构件，苗木种植角度向外倾斜；

（4）在绿植生长各阶段需进行杂草清理；

（5）养护期间，根据绿植成活率、长势对其进行补充或更换，以保证生态挡墙的有效性[10]；

（6）土壤要求：需在苗木到场前准备施工现场表层土，表层土不符合种植土要求的需准备标准种植土，每0.21 m^3种植土（一个构件培土量）需混合10 kg的营养土搅拌均匀（见图9和图10）。

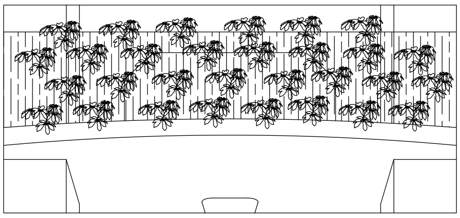

图9　桩板式生态挡土墙面板景观立面示意图

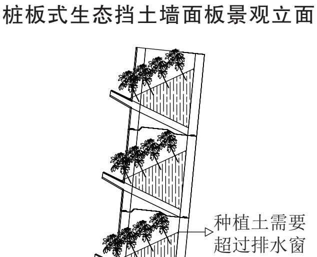

图10　桩板式生态挡土墙面板景观横断面示意图

4　结　语

综合来看，广州某市政道路项目中桩板式生态挡墙的应用，是对传统挡土墙形式的一次成功革新。该挡墙通过抗滑桩与装配式PC构件的有机结合，既满足了深挖土质路堑边坡的稳定性要求，又借助工厂标准化预制、现场快速装配的施工模式，提高了施工效率、降低了现场作业对周边环境的干扰，契合了现代市政工程绿色施工的理念。同时，其预留空间内的客土绿化设计，选用红叶石楠、鸭掌木等适应当地气候的植物，不仅有效改善了道路沿线的景观风貌，让挡墙从“消极的景观元素”转变为“积极的生态载体”，还实现了与周边公园景观的自然衔接，满足了公园权属单位对少占用地、景观协调的要求，充分体现了市政道路在交通功能之外对生态环境和公共空间品质的重视。

从技术层面而言，该挡墙在抗滑桩施工中对钻孔、泥浆护壁、混凝土浇筑等环节的严格把控，在装配式面板拼接中对榫接结构、肋柱连接等细节的精心设计，以及对反滤层设置、墙背回填材料选择、压实工艺等方面的规范操作，确保了结构的整体刚度与耐久性；而绿化环节中对苗木规格、栽植要求、土壤配置及后期养护的细致考量，则保障了生态效果的可持续性。这一实践表明，桩板式生态挡墙在市政道路深挖土质路堑工程中具有显著的应用优势，其将结构稳定性、施工便捷性、生态环保性与景观协调性融为一体的设计思路，为类似工程提供了切实可行的技术参考和实践范例，也为未来市政道路支挡结构向生态化、装配化方向发展积累了宝贵经验。

参考文献：

[1] 张昕升，韩晓云，蒋楚生．浅谈新型装配式绿化挡土墙作者[J]．四川建筑，2019（2）：285-287.

[2] 谭刚．锚杆式预制装配绿色生态挡土墙在市政工程中的应用[J]．四川建筑，2021（5）：238-242.

[3] 刘以文．方形抗滑桩一桩两机成孔施工技术[J]．科技创新与应用，2013（3）：186-186.

[4] 肖飞知，高柏松，杨泉．预制拼装式绿色挡墙的填筑试验研究[J]．路基工程，2016（3）：140-143.

[5] 胡勇，桂伯文．装配式绿色生态挡土墙在市政工程中的应用[J]．四川水力发电，2020（2）：63-65.

[6] 邓镜辉．以预制格构装配式生态挡墙为例探析装配化施工价值[J]．工程建设与设计，2022（6）：168-170.

[7] 罗礼明．装配式生态挡墙在美丽农村公路中的应用[J]．运输经理世界，2023（15）：42-43.

[8] 范惠平，张玉利，徐搏．装配式锚杆式生态挡墙在高速公路服务区边坡上的应用[J]．低碳世界，2021（9）：217-218.

[9] 曾冬霞，褚肖肖，罗鹏蛟;，汪韬．公路工程半重力式装配式生态挡墙应用技术研究[J]．中国水运，2023（4）：151-153.

[10] 孙国军．新型预制装配式生态挡墙在实际施工中的应用[J]．黑龙江交通科技，2022（10）：52-54

[11] 仝刚大，朱邦永，郑伟．桩板式挡土墙在宜河高速公路上的应用研究[J]．城市道桥与防洪，2014（5）：56-58；65.

[12] 唐焱，张迳，虢玉标．逆作人工挖孔桩板式挡墙设计应用研究[J]．公路与汽运，2025（1）：50-53.

[13] 张志锋．“预应力锚索+桩板式挡土墙”支护结构应用研究[J]．城市道桥与防洪 2011（9）：29-31.

[14] 龙淑芝．树根桩技术在重力式挡墙地基加固中的应用[J]．中南公路工程，2011（4）：136-138

[15] 朱益军，施轶峰，杨少华，挡墙生态工法技术分析与应用研究[J]．公路，2011（2）：25-28.