

# 装配式生态锚杆挡土墙研究

王晓峰 周伟胜\* 张国祥 程浩 陈军 毛俊婷

山东正元建设工程有限责任公司, 山东 264000

**摘要:**为解决边坡工程中混凝土结构施工进度慢、不节能环保的技术难题,通过对装配式预制构件选型、连接构件设置、生态复绿方法等关键技术进行研究,将装配式格构锚杆挡墙与挂网湿喷绿化工艺有机结合,提出一种生态复绿效果良好的装配式格构锚杆挡土墙施做方法。室内及现场试验表明:预制构件的抗弯强度较低,在坡度较缓时满足工程受力要求;构件装配对基槽平整度及锚孔施工精度有一定要求;生态复绿施工高效便捷,所选植被耐寒耐旱、成活率高,复绿效果显著,后期维护简单,为今后装配式生态挡土墙设计与施工提供了新参考。

**关键词:**装配式;格构;SNS防护系统;客土喷播

## Study on Prefabricated Ecological Anchor Retaining Wall

Xiao-Feng Wang, Wei-Sheng Zhou\*, Guo-Xiang Zhang, Hao Cheng, Jun Chen, Jun-Ting Mao  
Shandong Zhengyuan Construction Engineering Co., Ltd., Yantai 264000, Shandong, China

**Abstract:** In order to solve the technical problems of slow construction speed, non energy saving and environmental protection of concrete structure in slope engineering, through the research on the key technologies such as the selection of prefabricated components, the setting of connecting components, and the ecological greening method, we organically combine the prefabricated lattice anchor retaining wall with the hanging net wet spraying greening technology and propose a construction method of prefabricated lattice anchor retaining wall with good ecological greening effect. The indoor and field tests show that the bending strength of the prefabricated components is low, which can meet the engineering stress requirements when the slope is gentle; The component assembly has certain requirements for the flatness of foundation trench and the construction accuracy of anchor hole; The ecological re greening construction is efficient and convenient, the selected vegetation is cold and drought resistant, the survival rate is high, the re greening effect is remarkable, and the later maintenance is simple, which provides a new reference for the design and construction of prefabricated ecological retaining wall in the future.

**Keywords:** Prefabricated; lattices; SNS protection system; external-soil spray seeding

### 一、引言

目前,我国城市土地供应紧张,平坦的场地多已用完,已逐渐向山区丘陵延伸,土地利用过程中难免会挖山填沟,出现越来越多的人工边坡,且大多以岩质边坡或岩土混合边坡为主。该类边坡治理中混凝土结构以现浇为主,装配式结构甚少,施工效率极低,且与之相配套的生态复绿手段缺乏。

随着国家绿色发展理念不断深入,装配式结构的应用越来越广,对生态复绿的要求也越来越高。装配式挡土墙的概念最早由国内学者冯长康及国外学者F.A.Randall共同引入我国<sup>[1]</sup>,最早传入的相关标准为日本1990年发布的《装配式混凝土挡土墙》<sup>[2]</sup>,直到2000年以后类似技术才真正引起国内学者及相关工程技术人员的注意,当前装配式挡土墙研究已进入流行期,但大多集中在装配式结构形式的开发,能兼顾生态复绿功能的研究成果较少。国内最早有文献记载将装配式挡土墙与生态复绿技术相结合的研究成果由甄毅、徐满华等在2016年完成并发布<sup>[3]</sup>,近两年类似研究呈上升趋势,但取得的成效欠佳,主要问题为在混凝土挡墙结构表面进行的生态复绿技术过于繁杂,不易操作,且后期维

\*通讯作者:周伟胜,1970年11月男,汉族,山东省东明县人,就职于山东正元建设工程有限责任公司,高级工程师,本科学历。研究方向:岩土工程、地质工程相关理论研究及勘察、设计与施工等管理工作。

护困难。由此,本文从兼顾生态复绿技术要求的角度出发,科学选择预制构件,优化生态复绿工法,最终提出一种装配式生态锚杆挡土墙实现方法,该方法施工高效,简单易行,复绿效果显著。

## 二、装配式格构梁

在高边坡治理工程中,对于受力较大的构件多采用钢筋混凝土结构,根据对坡面覆盖率的不同可分为两类:一种为整体式钢筋混凝土墙面,对裸露边坡100%覆盖,边坡岩土体与外界完全隔离,基本无法进行水分交换;另一种为格构梁式钢筋混凝土结构,只在梁底与坡面接触部位进行覆盖,覆盖率约为20%,大部分坡面裸露与外界连通,可直接进行水分交换。边坡岩土体存在天然裂隙或空隙,是坡面绿化植被的天然补给站,因此装配单元设计成十字梁式钢筋混凝土预制结构。

### (一) 预制构件结构设计

考虑到后续吊装的便利性,本次采用中空式小截面十字梁,以减小单个预制构件的重量,梁截面设计尺寸300 mm×300 mm,中空部位呈圆形,位于梁截面中心位置,中空圆的半径可为75~150 mm,使钢筋保护层厚度不小于30 mm。

预制构件的十字中心预留锚孔,以便安置锚杆,预留孔径75 mm~110 mm(可在混凝土浇筑12小时后,采用人工钻孔法把预留孔打通)。十字梁的横向及纵向长度根据锚杆的水平及竖向间距进行设置,对于中空式梁,跨度不宜过大。各单元之间采用现浇方式连接,连接段长度一般不小于200 mm,连接部位预留钢筋长度应满足搭接要求,满焊连接。最下部靠近坡脚的十字梁底端采用现浇基础梁连成整体。

### (二) 预制构件强度试验

为确定预制构件在实际工程中所能承受的荷载大小,分别用一字型和十字型构件进行中空矩形截面梁单向受力抗弯试验破坏荷载测试,试验结果见表1。

表1 预制构件抗弯试验破坏荷载试验

序号	构件类型	构件规格L(mm)	主筋配筋情况	试验内容	截面尺寸(mm)	跨距(mm)	破坏荷载F(KN)
1	一字型	1850	4φ12	抗弯强度	250×280	1450	76.99
2	十字型	纵横向均为1850	4φ12	抗弯强度	275×280	1450	86.93

预制构件截面抗弯强度,按结构力学三点测试抗弯强度公式进行计算:

$$R = (3F \times L) / (2b \times h \times h)$$

式中:F——破坏荷载;L——跨距;b——宽度;h——厚度。

计算结果如下:

1. 一字梁抗弯强度:8.54 MPa。
2. 十字梁抗弯强度:8.77 MPa。

一字梁抗弯强度代表远离十字交叉点部位梁的破坏强度,十字梁抗弯强度代表临近十字交叉点部位梁的破坏强度,由试验结果可知靠近十字交叉点部位的破坏强度略有加强,但增加的幅度很小。结合常见建筑边坡实际受力情况,在合理设置坡度、锚杆与格构的条件下,可满足强度要求,对于受力较大的边坡工程,可进一步调整配筋和梁截面尺寸以提高强度。

## 三、生态复绿技术

结合北方干旱少雨,坡面易受阳光炙烤的特别,对边坡绿化使用的植物品种和保湿种植土配比进行了试验设计,并验证挂网湿喷工艺与格构无缝结合的可行性,施工效率可大大提高,绿化效果显著、持久,后期养护简单。

### (一) 植被选择

#### 1. 植物种子材料

以灌木群落为目标是公路边坡生态防护设计原则<sup>[4]</sup>。根据当地的季节、土质条件等因素的不同,采用原有的乡土植物种类,结合冬季是绿色的外来植物种子,配以适合在斜坡上生长的深根型、葡萄型、耐旱、耐贫瘠、抗逆性强的先锋草种和目标树种的种子进行混播,选择适合的植物种子及其种子配比,以达到四季常青的景观效果。在喷播前对批量种子发芽率进行测定,并根据实际情况测定面积计算种子用量,确保喷射效果及质量。常用植物种子主要有以下几种(表2)。

表2 常用绿化植被种子一览表

序号	植被种属	植被名称	备注
1	草本	黑麦草、高羊茅、波斯菊、紫花苜蓿、毛茛子、狗牙根、白喜草、白三叶	
2	灌木	紫穗槐、刺槐、火棘、胡枝子、木豆、多花木兰	
3	亚乔木	香花槐、桤木	坡比大于1:1时使用

根据试验地区的气候条件及土质情况，草本植被选用黑麦草、高羊茅、紫花苜蓿、白喜草，灌木植被选用狗牙根、紫穗槐、多花木兰。综合考虑种子特性及各施工期种子发芽率及基材混播方法调整各种子用量：每平方米播种量为40克左右；草本占30%，灌木占70%，这样既能保证前期的绿化效果，又能保证多年生灌木的数量。

(二) 种植土配比

客土应采用易于北方干旱地区植物成活，并具有良好保湿性能的基质材料。根据以往边坡绿化研究成果<sup>[5]</sup>，基材配比常用值见表3。

表3 常用客土基材配比一览表

序号	基材名称	含量占比	主要性能要求
1	普通粘土	55%~65%	黏结附着力较强，含砂量较大，与其他改良材料混合后通透较好的黏土
2	有机营养土	15%~25%	主要是泥炭等有机物，含吸收有较多长效营养成分的有机质和肥土。
3	土壤改良材料	5%~10%	主要是木屑、植物纤维、禽粪、膨化物等辅助材料。目的是增加土壤肥力的保持水能力和渗透性，增加土壤的缓冲力，微生物活性和养分的供应，使根系易生长、繁殖和穿插。
4	多含量复合肥	0.6%~0.8%	主要是普通复合肥和供肥期长、不易流失的长效复合肥。
5	保水剂	0.25%	一种高效的土壤保湿，其微粒膨化体吸收和释放的水分解能使土壤保水，可供植物生长期反复地吸收。
6	黏合剂	2%	主要用于土壤结构改良，能够使土壤形成团粒结构，达到保墒的效果。同时，能增强土壤的透水性，防止地表径流造成的土壤流失，提高土壤渗透力，保土保肥，缓解和调节土壤水分蒸发。
7	微生物菌剂	0.154%~0.2%	根系细菌制剂、内生菌根以固氮根瘤剂等大量活性微生物的间接肥料，能增强植物在贫瘠土地的固氮能力和适应能力。

结合现场喷播试验，基质的配比确定为普通粘土（65%），有机营养土（15%），稻草改良材料（7%），复合肥（0.8%），保水剂（0.25%），黏合剂（2%），微生物菌剂（0.2%）。（三）挂网湿喷工艺

SNS防护系统是一种行之有效的边坡及地质灾害治理技术，结合客土喷播技术被广泛应用于各类生态加固工程<sup>[6]</sup>。但该方法仅适用于自身稳定性及岩体完整性较好的岩质边坡工程，对于那些裂隙较发育、岩体完整性较差或岩土混合边坡所起到的加固能力有限，很难满足安全性要求。因此，我们将SNS防护系统及客土喷播技术与装配式格构锚杆挡墙有机结合，具体工艺为：先施工格构锚杆挡墙，格构梁采用半埋式，一般嵌入坡面深度10~15 cm；然后在格构挡墙表面设置SNS防护系统，将格构梁及坡面完全盖住，防护网的钢丝绳锚杆与格构锚杆间隔交叉布置；最后采用客土喷播技术将含有植被种子的种植土加水拌和后喷射到坡面，厚度一般为15~20 cm；喷播完成后按要求进行养护。

经现场验证效果良好：防护坡面平整度好，绿化率基本可达100%，安全系数比传统SNS防护系统大幅提高。

四、结论

本次研究成果在工程实际应用中，主要适宜坡度不小于1:0.5的边坡加固，太陡的边坡不便于安装固定预制好的格构梁。格构梁自上而下宜分台阶施工，因需要吊装格构梁，单个台阶高度不宜大于15 m。对于那些一次性开挖到位，高度大的边坡不适宜用该方法。

由于近两年边坡工程数量减少等因素，工程使用实例较少，收集到的反馈意见有限，随着使用工程数量的增加，本方法仍有改进的可能性，对格构梁构件的预制和安装方式可能发生较大的改进。

参考文献：

[1]F.A.Randnll,冯长康.新型混凝土挡土墙简介[J].铁道标准设计通讯,1989(02):42-47.  
 [2]JIS A5312-1990,装配式混凝土挡土墙[S].  
 [3]甄毅,徐满华.网片装配式挡土墙与植生袋综合治理技术的研究与应用[A].《工业建筑》2016年增刊Ⅱ[C].工业建筑杂志社,2016:4.

- [4]王云,龙春林,刘怡涛,杨德,庾强,张世俊.植物在高速公路边坡防护中的应用[J].水土保持研究,2005(06):203-206.
- [5]胡国长,刘乙,胡海波,刘准桥.废弃矿山客土喷播恢复初期基材养分动态变化[J].北方园艺,2013(09):89-92.
- [6]王瑞春,郑朝炜.一种新型岩质边坡景观改善设计方法[J].市政技术,2020,38(01):37-42.