

层叠式花盆形土钉墙在公路边坡上的应用

朱益军^{1,2}, 朱向荣¹

(1. 浙江大学岩土工程研究所 杭州市 310027; 2. 浙江省交通规划设计研究院 杭州市 310009)

摘 要: 提出了一种能快速预制拼装的层叠式花盆形轻质土钉面墙。它为坡面提供了一个可绿化的花盆空间,通过花盆中小灌木和攀缘植物的绿化,可以让高陡边坡坡面呈现郁郁葱葱的生态景观,而且土钉面板墙可以完美地隐藏于攀缘植物和小灌木之下。它可以取代目前公路沿线广泛使用的传统砌石挡墙,具有很好的生态效应和经济效益。

关键词: 边坡; 土钉; 生态面板; 绿化

“建设绿色通道”的生态设计理念目前已成为公路建设的基本要求。近几年来,公路挖方边坡生态防护技术取得了很大进步,一般坡率缓于 1:0.5 的岩石坡面和喷射混凝土坡面现在基本上都可以实现绿化,而且绿化方案多种多样,如 TBS 植生技术、喷混植生和喷播植草技术等等^[1]。但是,对于山区岩石高边坡,砌石挡墙依然是坡脚防护“白化”的主体,绿化处理上十分棘手。因此,如何让安全的防护工程给边坡留出“透气”的绿化空间显然十分重要。2005 年 10 月在杭州召开的“全国边坡、基坑与地下工程研讨会”上,部分与会专家曾提出了层状钢筋碎石笼挡墙^[2]的生态可恢复技术,并授予了专利保护。在欧美和日本,目前也有较多采用镀锌钢筋碎石笼与加筋护坡相结合的防护技术,如日本“吉奥”生态挡墙。然而,钢筋石笼的使用寿命是有限的,镀锌钢筋石笼技术根据我国国情,成本费用相当昂贵。鉴于此,提出一种经济、有效的,能完全取代砌石挡墙的生态护坡技术是非常有必要的。本文提出了一种能快速预制拼装的层叠式花盆形轻质土钉墙,它为坡面提供了一系列可绿化的花盆空间,通过花盆中小灌木和攀缘植物的绿化,可以让高陡边坡坡面呈现出郁郁葱葱的生态景观。

1 层叠式花盆形土钉墙

层叠式花盆形轻质土钉墙实质上是一种成熟的锚固技术,它一方面通过锚杆或土钉来实现边坡坡

脚的安全防护功能,另一方面则可以在比较高陡的坡率条件下为坡面防护制造层叠式花盆形绿化空间,具有良好的生态效果(图1)。根据设计与施工经验,层叠式花盆形轻质土钉面墙可以分为平铺式预制面板型、肋板式框架梁型和组合型3类。所采用的主要技术方案是:轻质土钉面墙的施工面板由工厂专业化批量生产;在施工过程中,坡面开挖准确放样后,应自上而下分级开挖和支挡边坡;为控制岩质坡面平整度,坡面宜结合地质条件采用 10~15 cm 厚喷射混凝土防护层和一定厚度的级配砂砾(或碎石)予以调平,然后直接安装预制面板或板肋,面板(或板肋)腰部采用预埋锚杆耦合连接牢固(也可以采用钢筋焊接牢固,并浇注于混凝土中以防腐蚀),面板(或板肋)脚部由土钉螺母锁定,并埋设于 30 cm 厚的现浇混凝土连接梁中;于是各层面板头尾相接,自上而下形成了层叠式“花盆”,实现绿化的生态效果。

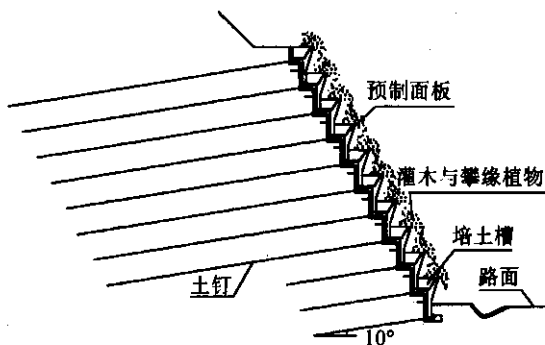
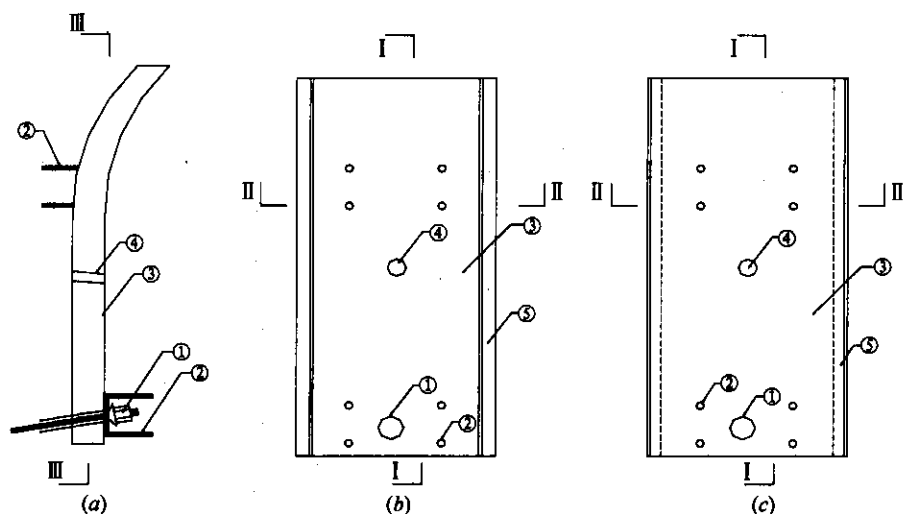


图1 层叠式花盆形土钉墙

1.1 平铺式预制面板型生态墙

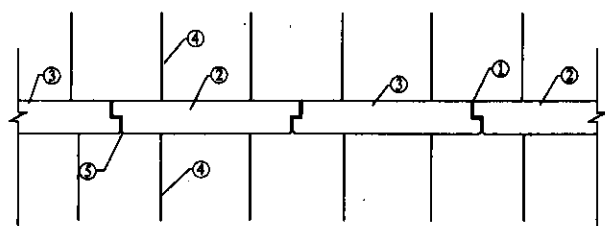
如图1、图2和图3,平铺式预制面板型生态面墙的特点是对坡面开挖平整度和土钉(或锚杆)孔位布置要求比较高;坡面自上而下开挖过程中,坡面主要采用喷射混凝土作为调平层,坡面局部有较大塌落

时,可采用片石混凝土或砂浆补平;整个施工基本上可以预制拼装而成,施工方便、快速,费用相对节省。它主要用于比较高陡且破碎的岩坡或土坡。图3为预制面板平铺模式(预制面板Ⅱ-Ⅱ剖面)。



①土钉锚固端;②连接件;③面板预制实体;④泄水孔;⑤齿板

图2 平铺式面板大样



①面板拼装缝;②无土钉锚固的面板;③有土钉锚固的面板;

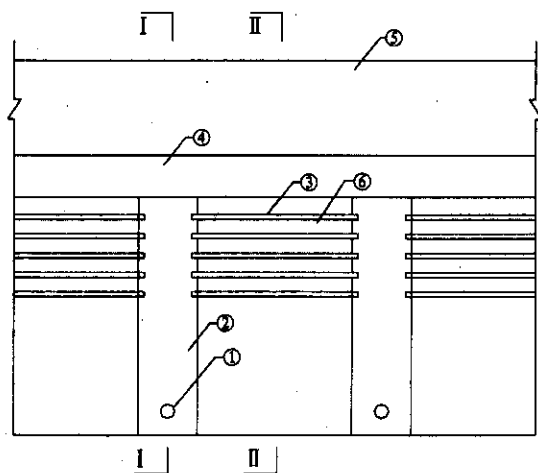
④连接件;⑤倒棱角。

图3 板间连接

1.2 肋板式框架梁型生态墙

如图4、图5和图6,肋板式框架梁型生态面墙主要采用现浇肋梁与预制面板相结合的结构形式。它的施工特点为,自上而下开挖并分级施工锚杆和钢筋网喷射混凝土,每完成一步开挖与锚杆防护后,立即施工框架式肋梁,立柱头部与上一级脚部的预留连接件联接牢固;顶梁预留插槽,花槽的预制面板施工时可以方便地插入,并联接牢固,花槽采用粘土充填;然后如图4和图6,立柱之间应插入一系列斜插式横挡板,内部采用砂砾充填,以供植物生长。该方案特点是,对坡面平整度要求不高,开挖控制容易,锚杆定位要求可适当放宽,花槽和挡板空隙均为绿化提供条件,对岩石边坡防护具有很强的适应性,但框架梁现

浇施工技术要求比较高,不如平铺式预制面板型生态面墙施工简便,费用相对较高。图4为肋板式框架梁型面墙构造图。图5为肋板式框架梁型面墙Ⅰ-Ⅰ剖面。图6为肋板式框架梁型面墙Ⅱ-Ⅱ剖面。



①土钉锚固预留孔;②肋式梁;③横插板;④顶梁;

⑤预制花槽面板;⑥缝式培土槽。

图4 肋板式框架梁型面墙

1.3 组合型生态墙

如图7组合型生态面墙吸收了平铺式预制面板与肋板式框架梁型生态面墙的一些优点,是一种经

2 技术方案可行性与经济性评价

通常,在山区高速公路建设中,高度 30 m 以上的挖方边坡即为高边坡。长期以来,由于高边坡坡脚防护大量采用了砌石挡墙和水泥混凝土挡墙,它们成为了绿色通道设计的最大“克星”之一。通过上文可知,层叠式花盆形轻质土钉面墙对公路高边坡防护是具有很强的适应性的。目前,国内外土钉墙应用非常广泛,它具有可靠的稳定理论依据和广泛的工程实践基础,对高陡边坡的防护模式具有很强的适应性,如法国高速铁路 Cotiere 隧道北口的永久性土钉墙(高度 28 m,坡率为 1 : 0. 3,土质为含粘土砂砾冲积土)和法国高速铁路 Dombess 隧道南口的高陡土钉墙(高度 28 m,坡率为 1 : 0. 2,土质为含粘土砂砾冲积土)。公路挖方大多为类土质、岩质或复合边坡,永久性土钉锚固的生态面墙技术无疑具有更好的应用能力。结合浙江省公路建设过程中大量地质灾害治理实践,经验表明,锚固技术比传统砌石挡墙具有更好的安全性能,而且破坏具有一定变形过程和征兆,使用安全且结构轻巧美观。

在经济性方面,本文对岩体质量为Ⅱ类的岩质高边坡坡脚防护进行比较分析。对 30 m 以上的Ⅱ类岩质边坡,高度 6 m 的传统砌石挡墙一般厚度为 2. 3 m,本文对 7. 5 号浆砌片块石挡墙、7. 5 号浆砌片块石挡墙+料石镶面、片石混凝土挡墙、直立永久土钉墙和层叠式花盆形土钉面墙进行了比较分析,从表 1 可知,层叠式花盆形轻质土钉面墙是可行的,造价也相对适中,造价高的主要原因是永久性生态面板比较贵,大约 200~300 元/m²,有待于进一步技术改进。为此,目前在浙江省诸永高速公路建设中,对各类生态挡墙正在进行现场试验研究之中,并将予以多样化、系统化。

3 结论与建议

(1)土钉墙是一种轻巧、便宜、施工简便、技术成熟的工程防护措施。土钉墙对边坡的动态防护以及局部发育的不良地质灾害具有更强的工程适应性,

表 1 各方案经济性比较

工程措施	主要结构特征及单价	面墙单价/(元/m ²)
浆砌片块石挡墙	厚 2. 3 m,埋深 1. 2 m,浆砌片块石	200~306
料石镶面浆砌挡墙	厚 2. 3 m,埋深 1. 2 m,浆砌片块石+料石镶面	260~387
片石混凝土挡墙	厚 2. 3 m,埋深 1. 2 m,片石混凝土	330~452
直立永久土钉墙	锚杆长 4 m+临时钢筋网喷射混凝土 10 cm+永久性钢筋网喷射混凝土 20 cm	260~316
平铺式花盆形土钉面墙	锚杆长 4 m+临时钢筋网喷射混凝土 10 cm+生态面板	280~356
肋板式框架梁型生态面墙	锚杆长 4 m+临时钢筋网喷射混凝土 10 cm+生态面板	360~425
组合型生态面墙	锚杆长 4 m+临时钢筋网喷射混凝土 10 cm+生态面板	360~382

本文把生态面板与土钉墙的锚固支护功能相结合,具有良好的经济效益和生态效应,具有较佳的工程应用前景。

(2)本文仅列举了 3 种土钉生态面墙结构,实际上,结合工程实践,可以发展为多种多样的结构形式,对不同岩体结构类别、不同的岩土特征采取不同的方案,从而实现防护决策科学化、系统化。

(3)永久土钉墙造价高的主要原因在于装饰面层费用比较高,预制面板和肋梁的费用占了 50%以上。由于预制面板并不是主要的受力承载体,在今后工程中还可以从材料和结构上进一步优化,降低费用,从而提高专业化机械施工水平。

参考文献:

[1] 张俊云,周德培,李绍才. 高速公路岩石边坡绿化方法探讨[J],岩石力学与工程学报,2002,21 (9).
[2] 杨志法,张路青,祝介旺. 四项边坡加固新技术[J],岩石力学与工程学报,2005,24(21).