

滞洪区高速公路生态边坡监测研究

张俊峰¹, 陈永昊², 薛丹璇², 朱晓东²

(1.中交一公局第六工程有限公司,天津市 300451; 2.中国市政工程华北设计研究总院有限公司,天津市 300074)

摘要: 依托津石高速天津西段生态护坡工程的实际项目,设计开展滞洪区路基边坡稳定性监测试验和生态性监测试验,对边坡稳定性和生态性效果进行验证分析,为滞洪区路基边坡生态护坡设计施工提供技术参考和实践经验。研究结果表明:新型生态护坡的稳定性和生态性效果优于传统护坡,新型生态护坡技术具有广泛的应用前景。

关键词: 滞洪区;高速公路;生态边坡;监测

中图分类号: U412

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)03-0147-05

0 引言

滞洪区内高速公路建设地质条件复杂,施工难度较大,其路基边坡常年受洪水浸泡、冲刷,易产生水损害,若防护不到位将严重影响公路的安全使用^[1]。以往滞洪区内高速公路边坡常采用浆砌片石等工程防护,导致植物生长环境遭到破坏,难以恢复到原有的生态环境。随着生态修复和水土保持成为研究热点,生态护坡技术逐步引入公路建设,但滞洪区路基边坡生态防护技术尚属研发的新工艺,其实施效果有待于实践验证。

目前,路基边坡生态防护技术已有一定的实践成果^[2-5],但多用于石质边坡、浸水路基等,针对滞洪区公路边坡应用研究较少,具体的护坡效果也未有定论。监测数据作为检验和分析评价边坡防治工程效果的尺度,能够准确反映边坡体的演变过程,通过对边坡特征信息的捕捉,为边坡分析、评价、预测等提供可靠资料和科学依据。因此,加强生态边坡监测具有重要的工程意义和社会效益。

本文以津石高速(交通运输部第三批绿色公路建设典型示范工程之一)天津西段滞洪区路基边坡为研究对象,应用新型生态护坡技术,开展监测、测试等现场试验,对边坡稳定性和生态性效果进行验证分析,以期为滞洪区路基边坡生态防护设计施工提供技术参考和实践经验。

1 滞洪区高速公路生态边坡防护施工技术

公路边坡防护对公路的日常运营具有重要意义

收稿日期: 2021-11-30

作者简介: 张俊峰(1985—),男,学士,高级工程师,从事公路与桥梁设计施工工作。

义,公路的使用质量、服务能力能否满足行车安全及舒适要求,边坡稳定起着至关重要的作用。

1.1 津石高速公路概况

津石高速公路天津西段位于天津市静海区,线路长约12.5 km。工程所在区为海河流域大清河系贾口洼蓄滞洪区,线路采用桥梁和路基相结合的方式布设,由东向西先后以桥梁跨越运西排干渠、黑龙港河、网口排干渠、子牙耳河等排涝河道。路线所经地区属于天津海积冲积平原区,地势较为平坦,地表沉积物以黏土、亚黏土为主,地表以下7~15 m有粉细砂及粉砂质黏土。境内地势低平,排水不畅,地下水埋藏较浅,土壤多发育为潮土。工程项目地理位置图见图1。



图1 工程项目地理位置图

1.2 滞洪区路基边坡生态防护施工

滞洪区内边坡防护需要具备防冲刷、防渗透、耐浸泡等特点,同时满足适应环境、保护生态的要求。边坡采用三维土工垫生态护坡,自坡面向上依次为复合土工垫(由反滤土工布和三向土工格栅组成)、生态袋、三向土工格栅、喷播层。该方案结构稳定,施工便捷,可防止水土流失,具有良好的抗冲刷、防渗透能力和绿化效果。

施工过后,经养护一个雨季,绿植基本覆盖坡面,形成了生态、稳定的新型生态护坡结构。

新型生态护坡方案设计图见图2。

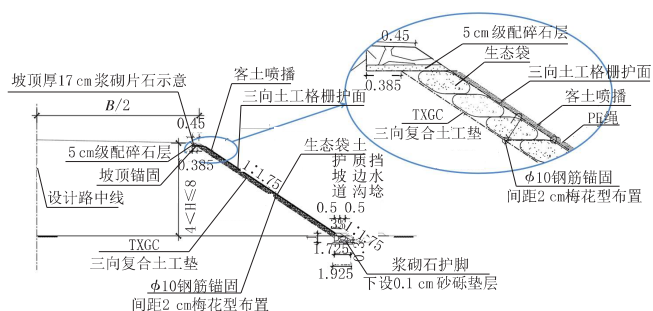


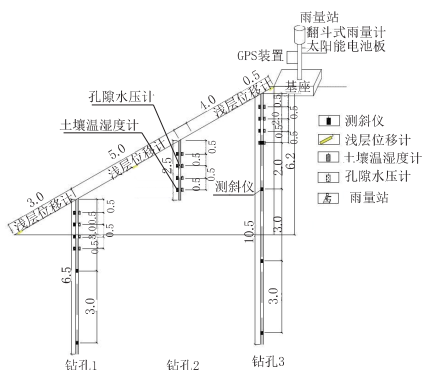
图 2 新型生态护坡方案设计图(单位:m)

2 滞洪区路基边坡稳定性监测试验

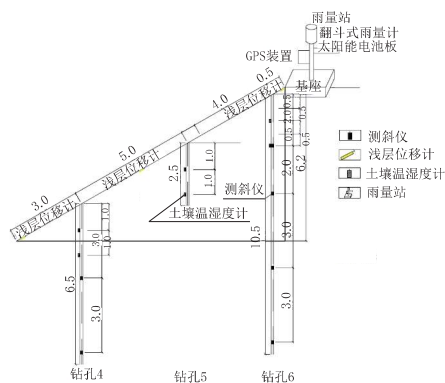
远程信息化监测系统由监控中心、云端、GPRS 通信网络、无线采集设备、前端传感器 5 部分组成,通过高精度传感器监测得到测点变化量,建立安全监测模型,从而分析变形规律并实现及时反馈。为了建立一个更接近实际情况的安全监测模型,合理制定监测方案是非常关键的基础工作。

2.1 测点布置

本监测系统共布设 2 个断面进行对比监测,一个为新型生态护坡断面,另一个为普通植草护坡断面(见图 3)。



(a) 新型生态护坡监测装置示意图



(b)普通植草护坡监测装置示意图

图 3 监测装置示意图(单位:m)

2.1.1 新型生态护坡断面布设

(1)从坡顶到坡脚,沿坡面轴线距离坡顶 5.5 m、4.0 m 和 0.5 m 布设 3 个钻孔(编号为钻孔 1、钻孔

2、钻孔 3), 钻孔深度分别为 6.5 m、2.5 m、10.5 m。

(2) 钻孔 1 和钻孔 3 安装导轮式测斜仪, 其中钻孔 1 安装 2 个导轮式测斜仪, 埋设深度分别为 3 m 和 6 m; 钻孔 3 安装 4 个导轮式测斜仪, 埋设深度分别为 2 m、4 m、7 m、10 m。

(3) 3 个钻孔内各布设 4 个孔隙水压计, 埋设深度分别为 0.5 m、1.0 m、1.5 m、2.0 m。

(4) 3 个钻孔内各布设 4 个土壤温湿度计, 埋设深度分别为 0.5 m、1.0 m、1.5 m、2.0 m。

(5)沿边坡表面在钻孔 1、钻孔 2、钻孔 3 附近布设 3 个表面位移监测点,共计 3 个位移计。

2.1.2 普通植草护坡断面布设

(1)从坡顶到坡脚,沿坡面轴线距离坡顶 5.5 m、4.0 m 和 0.5 m 布设 3 个钻孔(编号为钻孔 4、钻孔 5、钻孔 6),钻孔深度分别为 6.5 m、2.5 m、10.5 m。

(2) 钻孔 4 和钻孔 6 安装导轮式测斜仪, 其中钻孔 4 安装 2 个导轮式测斜仪, 埋设深度分别为 3 m 和 6 m; 钻孔 6 安装 4 个导轮式测斜仪, 埋设深度分别为 2 m、4 m、7 m、10 m。

(3) 3个钻孔内各布设2个土壤温湿度计, 埋设深度分别为1 m、2 m。

(4)沿边坡表面布置 3 个表面位移监测点,共计 3 个位移计。

雨量计在边坡上部选择稳定、开阔的位置布设 1 套雨量监测站。

数据通过 GPRS 远程传输回服务器和平台。用户可以通过电脑端和手机端,多人同步共享数据查询、分析、采集等功能。

2.2 监测周期

(1)监测时长。根据《边坡防治工程设计与施工技术规范》(DZ/T 0219—2006)和《崩塌、边坡、泥石流监测规范》(DZ/T 0221—2006),边坡监测时长设定为 1 a。

(2)监测周期。雨季:雨天 1 d 观测 1 次,晴天每 2~3 d 观测 1 次;旱季:1 周观测 1 次。区域降雨量监测:实时采集降雨量,监测频率为 6 h 采集 1 次。

3 滞洪区路基边坡生态性监测试验

通过观测普通植草护坡和新型生态护坡在一定区域内的植物数量和植物种类，进行滞洪区路基边坡生态性效果验证分析。具体试验步骤如下：

(1)在普通植草护坡区域内随机选取 3 块 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的样方,分别用卷尺量出精确尺寸,将样方编号,

边界用彩绳或者硬纸条临时标记。人工现场观测并记录每块样方内的植物种类和植被覆盖率。

(2)在新型生态护坡区域内随机选取3块1 m×1 m的样方,分别用卷尺量出精确尺寸,将样方编号,边界用彩绳或者硬纸条临时标记。人工现场观测并记录每块样方内的植物种类和植被覆盖率。

(3)通过普通植草护坡和新型生态护坡内植物种类和数量的数据分析和对比,检验新型生态护坡效果。

4 数据结果及分析

本次监测在津石高速西段黑龙港河的桥头位置(K6+415.370~K6+515.370)、桥尾位置(K7+514.230~K7+614.230)和王口排干渠的桥头位置(K8+928.570~K9+028.570)范围内开展生态护坡试验段设计。

4.1 滹沱区路基边坡稳定性效果分析

通过对比新型生态护坡和普通植草护坡深层位移、表层位移和土壤含水率的监测结果,进行滹沱区路基边坡稳定性效果验证分析。

4.1.1 深层位移监测

自2021年1月8日起近1 a监测时长内,新型生态护坡和普通植草护坡的深层位移变化情况见图4。

由图4可知,新型生态护坡的深层位移变化曲线较普通植草护坡的变化曲线平缓,坡体稳定,连续性强。普通植草护坡在2021年7月出现了一次较大的位移变化,而新型生态护坡出现波动不大的位移后又复位,之后趋于稳定。

4.1.2 表层位移监测

新型生态护坡和普通植草护坡的表层位移变化情况见图5。

由图5可知,新型生态护坡和普通植草护坡的表层位移在整个监测期间变化不大,其中普通植草护坡的表层位移在2021年7月出现一次较大波动,可能是人为影响所致,并非坡体变化。

4.1.3 土壤含水率监测

新型生态护坡和普通植草护坡的土壤含水率变化情况见图6。

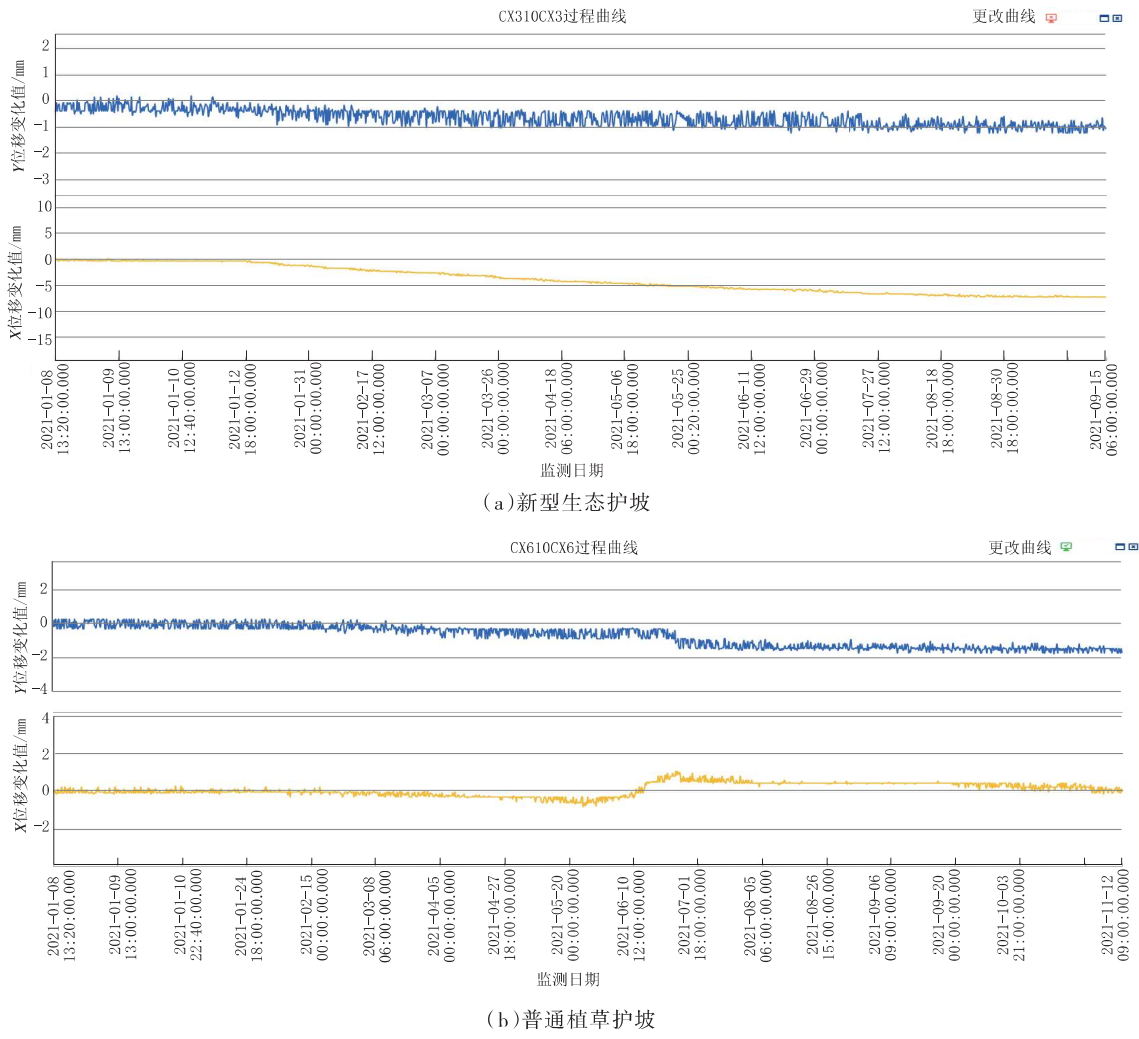


图4 新型生态护坡和普通植草护坡的深层位移变化图

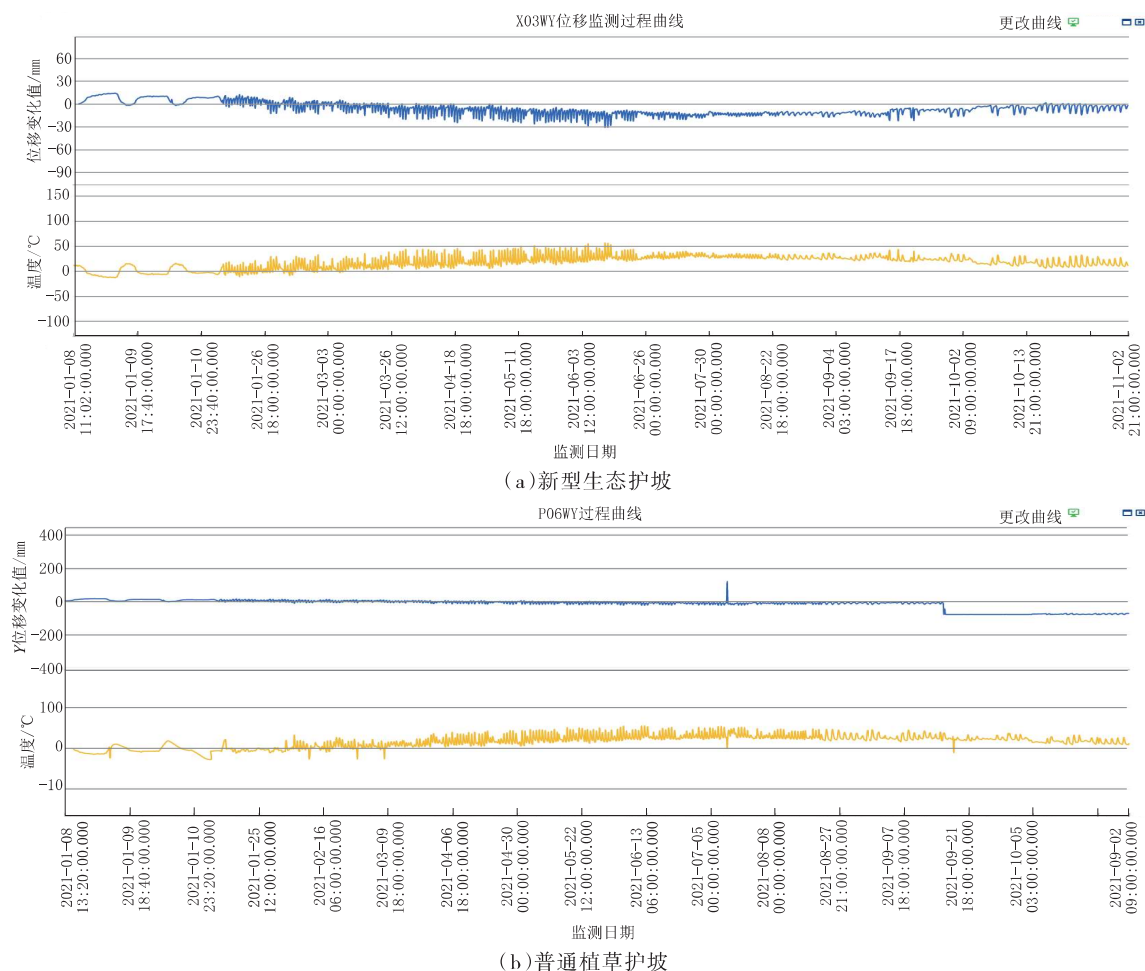


图5 新型生态护坡和普通植草护坡的表层位移变化图

由图6可知,新型生态护坡的土壤含水率变化区间不大,普通植草护坡的土壤含水率随季节性变化起伏较大。

通过对新型生态护坡和普通植草护坡的信息化监测,实现了对护坡效果的精细化感知。工程监测数据整体上反映了新型生态护坡和普通植草护坡的建设使用效果,新型生态护坡较普通植草护坡在坡体稳定性、土壤含水率稳定性等方面具有一定的优势,新型生态护坡受季节性变化的影响较小,体现出了更好的护坡稳定效果。

4.2 滞洪区路基边坡生态性效果分析

在普通植草护坡和新型生态护坡区域内各随机选取3块 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 的样方。普通植草护坡内样方标记为样方1、样方2和样方3,分别位于普通植草护坡下部、中部和顶部;新型生态护坡内样方标记为样方4、样方5、样方6,分别位于新型生态护坡下部、中部和顶部。具体取样位置见图7。

样方内具体情况见图8,样方植物种类和多样性统计见表1。

由表1可知,新型生态护坡中植物种类(6种)多

于普通植草护坡(3种),植物丰富度更好。同时,新型生态护坡上生长有灌木(胡枝子),其在面对雨水冲刷时较草本植物能起到更好的边坡防护作用。另一方面,普通植草护坡受混凝土格构的影响,植物覆盖度小于新型生态护坡,即新型生态护坡的植物覆盖度更好。

综上所述,新型生态护坡的植物生态性优于普通植草护坡,在植物丰富度和覆盖度上具有较明显的优势。

5 结 语

(1)新型生态护坡较普通植草护坡在稳定性和生态性上更具优势,体现出更好的护坡效果;监测作为施工的“眼睛”,能够为试验顺利进行和工程安全提供保证;应用先进的监测仪器及时获取信息,能够为信息化管理和施工提供有力的保障。新型生态护坡技术具有广泛的应用前景。

(2)本研究应用于津石高速天津西段。鉴于该路基边坡坡度较缓,路基本身稳定系数高,新型生态防护方案安全系数也较高,使得护坡结构稳定有效。若

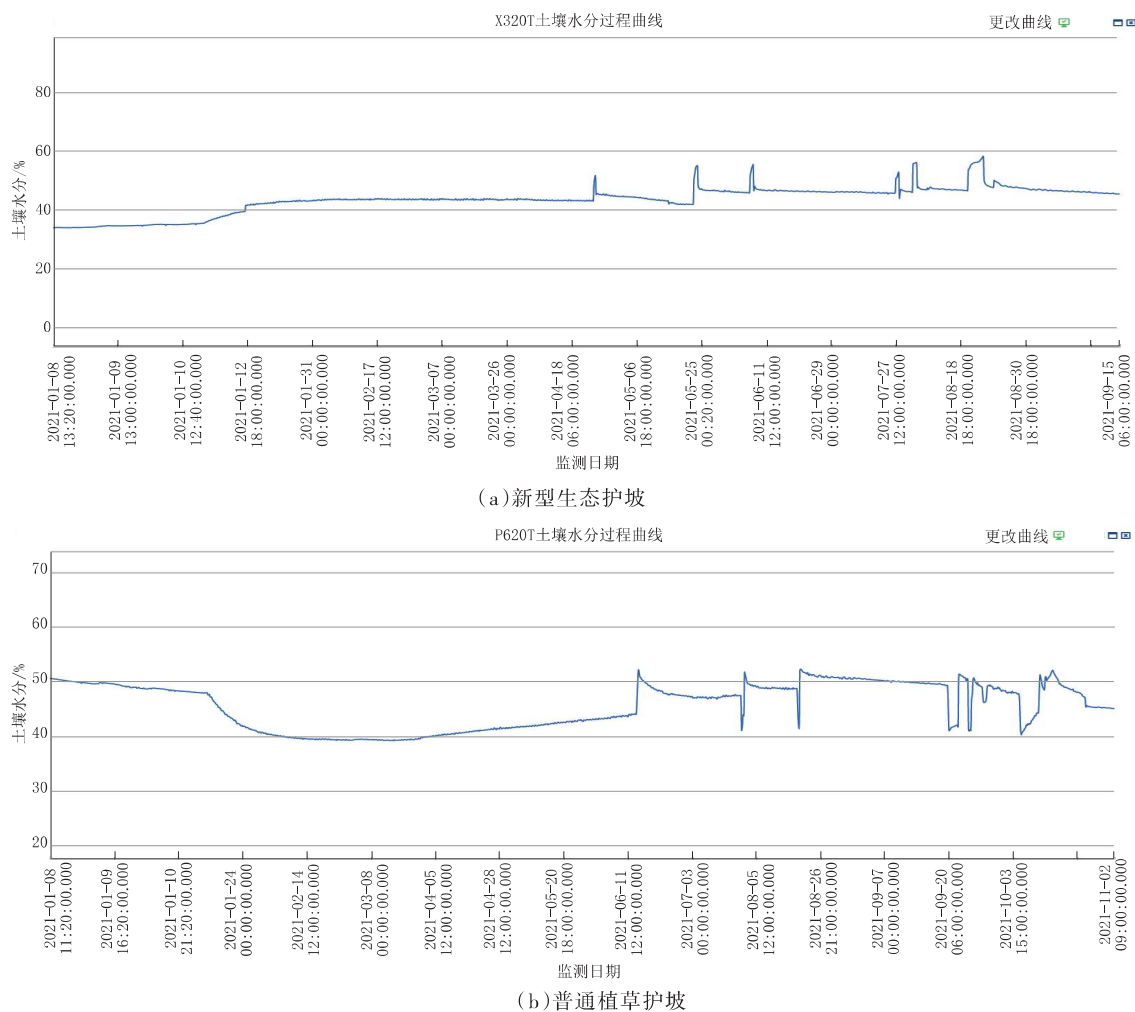


图 6 新型生态护坡和普通植草护坡的土壤含水率变化图

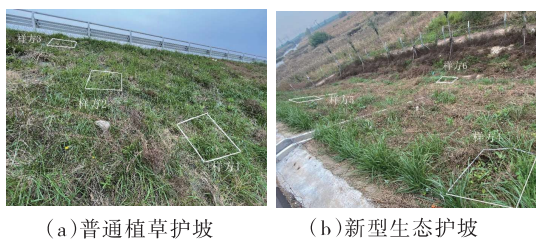


图 7 新型生态护坡和普通植草护坡的取样位置图

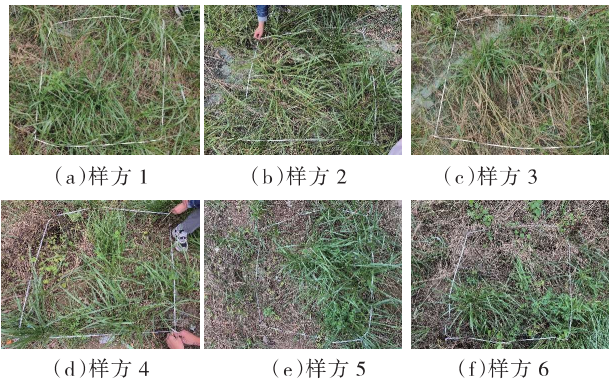


图 8 新型生态护坡和普通植草护坡的样方图

能在此基础上进一步探讨加固与生态结合的陡峭路基边坡的生态防护新技术,进行新型生态护坡的长期监测,可以发现新型生态护坡的不足之处并在后

表 1 样方植物多样性统计表						单位: %
植物种类	普通植草护坡			新型生态护坡		
	样方 1	样方 2	样方 3	样方 4	样方 5	样方 6
胡枝子				20	20	20
黑麦草	65	85	30	40	40	30
狗牙根				10	10	20
牵牛花				20	10	10
龙葵					3	
苣荬菜	10	3	15	1		5
狗尾巴草	15	5	40	5	10	10
凹头苋			3			
覆盖度总计	90	93	88	96	93	95

续设计中予以改进。

参考文献:

[1] 王祖东.行滞洪区内的路基设计[J].中外公路,2004,24(5):32-34.

[2] MICKOVSKI S B, BEEK L P H. A decision support system for the e-valuation of eco-engineering strategies for slope protection [J]. Geotechnical and Geological Engineering, 2006,243:28-29.

[3] 王帅.同配比深、浅根系植物对边坡抗冲、抗剪性能影响试验[J].公路交通科技,2013,30(12):39-44.

[4] 李宏钧,孔亚平,张岩.植物纤维毯生态防护效益研究述评[J].中国水土保持科学,2016,14(3):146-154.

[5] 王柯.路基坡面生态防护技术研究[D].成都:西南交通大学,2019.