

文章编号: 1674—8247(2021)04—0077—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.04.016

银西高速铁路荒漠化地区微渗滴灌风沙平面防护研究

江涛¹ 张宗堂¹ 贾磊² 时国伟²

(1. 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 西安 710043; 2. 中铁三局集团有限公司, 太原 030001)

摘要:银西高速铁路甜水堡至白土岗段经过荒漠化地区,表层多有片状风积沙分布,系毛乌素沙漠南侵部分,其生态系统处于一种脆弱的平衡状态,为有效控制沙害对银西高速铁路影响,亟需研究一套技术可行、投资可控的风沙平面防护体系。本文通过建设铁路周边荒漠化区域微渗滴灌风沙平面防护试验段,采用树枝方格结合灌木和沙障等固沙、阻沙措施,开展建植植物的微渗滴灌养管措施的试验研究。研究表明:(1)高立式沙障、树枝方格、适生性灌木以及微渗滴灌系统组成的风沙防治体系是符合工程需要和当地实际的,对银西高速铁路穿越风沙段落起到了有效的屏障作用;(2)微渗滴灌总用水量和养护人工都有着较大幅度的节省,具有明显的优势,其建设成本较传统滴灌技术也有节省,微渗滴灌区域植被覆盖度有显著提高;(3)在大面积的干旱、半干旱区域,同时水源离施工区域相对较远的地区,微渗滴灌技术能发挥较大的工程应用优势。本文研究结论可为荒漠化地区铁路路基沙害治理积累有益经验,具有较大的推广应用价值。

关键词:高速铁路;微渗滴灌;试验研究;风沙平面防护;荒漠化地区;沙害特征

中图分类号:U213.1 **文献标志码:**A

77

Study on Microseepage Drip Irrigation Prevention of Windblown Sand in Desertification Area along Yinchuan-Xi'an High-speed Railway

JIANG Tao¹ ZHANG Zongtang¹ JIA Lei² SHI Guowei²

(1. China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Xi'an 710043, China;

2. China Railway No. 3 Engineering Group Co., Ltd., Taiyuan 030001, China)

Abstract: Tianshuibu-Baitugang section of Yinchuan-Xi'an High-speed Railway passes a desertification area, where the ground surface is mostly distributed with flaky aeolian sand, which is a part of Mu Us Desert invading south. Its ecosystem is in a fragile balance state. In order to effectively control the impact of sand damage on Yinchuan-Xi'an High-speed Railway, is technically feasible and investment-controllable prevention system of windblown sand is in urgent need. As the study base for this paper, the test sections were constructed to prevent windblown sand in desertification areas along the railway with a microseepage drip irrigation system together with dune-fixing and sand barrier measures such as branch fence, brush, and sand-protecting barrier. The results show that: (1) The sand control system composed of high vertical sand barriers, branch fences, suitable shrubs, and microseepage drip irrigation system is in line with the needs of the project and the local reality, and has served as an effective barrier for the Yinchuan-Xi'an

收稿日期:2021-01-06

作者简介:江涛(1985-),男,高级工程师。

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划项目(2019BFG02013);中铁第一勘察设计院集团有限公司科技研究开发计划课题(院科(院外)20-70)

引文格式:江涛,张宗堂,贾磊,等.银西高速铁路荒漠化地区微渗滴灌风沙平面防护研究[J].高速铁路技术,2021,12(4):77-81.

JIANG Tao, ZHANG Zongtang, JIA Lei, et al. Study on Microseepage Drip Irrigation Prevention of Windblown Sand in Desertification Area along Yinchuan-Xi'an High-speed Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(4):77-81.

High-speed Railway to cross the sand section. (2) The total water consumption and maintenance labor of micro-seepage drip irrigation is greatly saved, which has obvious advantages. Compared with traditional drip irrigation technology, it has the advantages of lower construction cost, and significantly greater vegetation coverage of micro-seepage drip irrigation area. (3) In large arid and semi-arid areas, where the water source is relatively far away from the construction area, micro-seepage drip irrigation technology can play a great advantage in application. The above conclusions provide useful experience for controlling the sand damage to railway earthworks in desertification areas, and have great value of promotion and application.

Key words: high-speed railway; microseepage drip irrigation; experimental study; sand plane protection; desertification area; characteristics of sand damage

银西高速铁路穿越我国荒漠化问题最突出省区之一的宁夏回族自治区,本段线路长 185.32 km^[1],经过区域主要为沙漠及半沙漠区,沿线降雨匮乏、土地干旱贫瘠、植被覆盖度低、风沙活动较为活跃。铁路修建扰动原本脆弱的生态系统,导致铁路周边区域沙漠化程度加剧,造成铁路路基和轨道积沙,给铁路运营带来了严重隐患^[2-5],也大幅度增加了铁路工务部门的养护费用^[6]。

为有效规避风沙对银西高速铁路的不利影响,亟需研究一套行之有效且投资可控的平面防护体系,切

实形成铁路高质量的绿色生态长廊,以保障风沙区铁路的运行安全。

1 沙害特征

银西高速铁路甜水堡至白土岗段属毛乌素沙地西南部边缘地带,表层多有片状风积沙分布,系毛乌素沙漠南侵部分,属风积地貌,积沙较薄,一般厚 0.5 ~ 10.5 m。根据地表形态和活动程度,属固定、半固定沙地,局部零星可见有流动沙地(丘)分布。沿线风沙分布范围、活动程度及危害程度如表 1 所示。

表 1 银西高速铁路风沙分布范围、活动程度及危害程度表

序号	沙害类型	里程范围	长度/m	地下水位埋深/m	主导风向	危害程度
1	固定沙地	DK 476 + 050 ~ DK 480 + 200	4 150	3 ~ 10	N30° ~ 50°W	轻微
2	固定沙丘	DK 480 + 200 ~ DK 482 + 600	2 400	3 ~ 10	N30° ~ 50°W	轻微
3	固定沙地	DK 482 + 600 ~ DK 483 + 400	800	6 ~ 8	N30° ~ 50°W	轻微
4	固定沙丘	DK 483 + 400 ~ DK 483 + 900	500	1 ~ 3	N30° ~ 50°W	轻微
5	固定沙地	DK 483 + 900 ~ DK 489 + 700	5 800	4 ~ 10	N30° ~ 50°W	轻微
6	固定沙丘	DK 489 + 700 ~ DK 493 + 300	3 600	2 ~ 6	N30° ~ 50°W	轻微
7	半固定沙地	DK 506 + 350 ~ DK 506 + 840	490	> 30	N30° ~ 50°W	轻微
8	半固定沙地	DK 507 + 000 ~ DK 507 + 150	150	> 30	N30° ~ 50°W	轻微
9	固定沙丘	DK 507 + 400 ~ DK 508 + 300	900	> 30	N30° ~ 50°W	轻微
10	半固定沙地	DK 511 + 280 ~ DK 511 + 600	320	> 30	N30° ~ 50°W	轻微
11	半固定沙地、流动沙地	DK 517 + 040 ~ DK 519 + 500	2 460	> 30	N30° ~ 50°W	中等
12	流动沙丘	DK 521 + 400 ~ DK 522 + 400	1 000	> 30	N30° ~ 50°W	轻微
13	半固定沙地	DK 522 + 800 ~ DK 524 + 700	1 900	> 30	N30° ~ 50°W	轻微
14	流动沙地(丘)	DK 525 + 350 ~ DK 526 + 750	1 400	> 30	N30° ~ 50°W	轻微
15	半固定沙地、流动沙(丘)	DK 543 + 650 ~ DK 545 + 500	1 850	> 30	N30° ~ 50°W	中等
16	半固定沙地、流动沙地	DK 545 + 000 ~ DK 545 + 650	650	> 30	N30° ~ 50°W	轻微

从表 1 可以看出,银西高速铁路沿线风沙危害等级以轻微为主,局部为中等。沿线分布的风沙对银西高速铁路的建设和运营构成了一定危害,主要分为两类:

(1)道床积沙

风沙侵入道床使道床不洁,增大了轨道的磨损,若积沙严重,来不及清理,则造成轨道沙埋,有可能对高速铁路运行造成严重危害。

(2)附属设施积沙

主要是在背风侧边坡、排水沟、栅栏处出现积沙,积沙影响路基附属设施的正常使用,造成栅栏沙埋、排水不畅等危害。

2 微渗滴灌风沙平面防护

2.1 风沙平面防护设计原则

针对银西高速铁路风沙地区路基,设计根据沿线

地形地貌及气候、水文特征、大风特性、风沙活动规律及对铁路运营影响程度等因素,按照“因地制宜、永临结合、分步实施、综合治理”等原则^[7],采用工程防护和植物防护相结合的综合治理思路,分段进行路基风沙平面防护。

工程防护在防治初期起到阻沙作用,植物防护在后期发挥固沙作用,根据风沙危害程度来制定不同地段的风沙防护宽度。

2.2 微渗滴灌风沙平面防护试验段

2.2.1 试验段概况

银西高速铁路 DK 518+089.10~DK 519+085.42、DK 524+415.00~DK 526+750.00 和 DK 543+700.00~DK 545+500.00 路基共长 4 385 m,位于毛乌素沙漠西南边缘,区域气候干旱,长期干燥少雨,地表水资源呈盐碱化,植物成活率较低,受风沙侵害较为严重。

选择 DK 518+089.10~DK 519+085.42 段路基作为建设铁路周边荒漠化区域微渗滴灌风沙平面防护的试验段,开展树枝方格结合灌木和沙障等固沙、阻沙措施及建植植物微渗滴灌养管措施的试验研究。通过研究确定银西高速铁路风沙路基区段植被建植和荒漠化防治的有效实施方案。

该试验段位于灵武市白土岗乡,地表地层主要为第四系全新统风积粉砂,下伏三叠系上统砂岩。两侧分布流动沙丘,中线地表分布薄层风积砂,主导风向:春季 W,夏秋季 SE,秋冬季 W。地表水不发育,仅在下雨时沟床有流水,地下水位埋深 11~13 m。

2.2.2 试验段基本方案

路堤左侧(迎风侧)防护带宽 150 m,其中铁路防护栅栏外设置 5 m 宽防火带,树枝方格固沙带宽 145 m,前沿设 3 道高立式沙障;路堤右侧(背风侧)防护带宽 70 m,其中铁路防护栅栏外设置 5 m 宽防火带,树枝方格固沙带宽 65 m。树枝方格尺寸为 1.0 m×1.0 m,方格内栽植灌木,灌木种类采用柠条或梭梭,栽植密度为 6 株/m²。

防火带地表平铺 10 cm 厚碎石土,高立式沙障为 HDPE 制成的阻沙网^[8-12],高 1.5 m,沙网孔隙度为 50%,孔径约 2 mm。阻沙网下端边与紧密固沙网上端边锁扣链接,并固定于间距为 2.0 m 的立柱上,立柱基础为 30 cm×30 cm×30 cm 的混凝土,其上、下端和对角线均采用铁丝连接,构成固定阻沙栅栏框架,并在两侧 45°用铁丝加固。消能通风段为网状,位于疏透阻沙段上部,其下边沿与疏透阻沙段连接,高 20 cm。

选取树枝长约 50 cm,施工时将树枝垂直插入地面 20 cm,地面上留 30 cm。施工前应拉线,确保线条顺直,并保证方格尺寸,沿拉线挖沟,沟内放入准备好的树枝,树枝要连续、均匀、紧密,粗细搭配需合理。

灌木选择 1~2 a 柠条或梭梭的实生苗,株高 30 cm 左右,根系发育良好,生长旺盛,姿态丰满,品种优良,无病虫害,所选苗木的规格尺寸满足要求。

2.2.3 微渗滴灌

试验段采取微渗滴灌技术,微渗滴灌风沙平面防护试验段横断面和平面布置如图 1 所示。

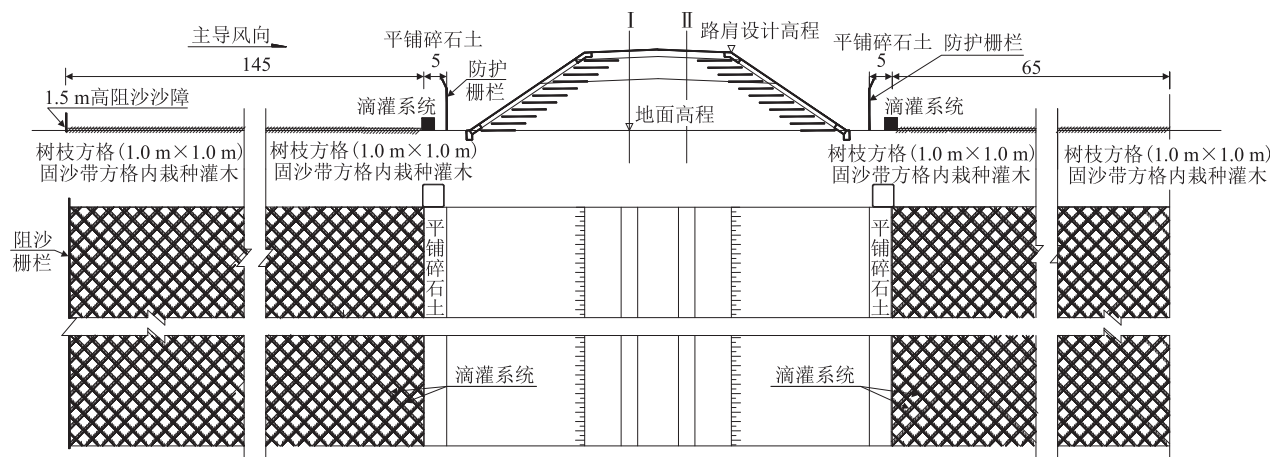


图 1 微渗滴灌风沙平面防护试验段横断面和平面布置图(m)

(1)微渗滴灌是将具有一定压力的水,经管网、出水管道(滴灌带)或滴头以水滴的形式缓慢而均匀地滴入植物根部附近土壤的一种灌水方法。此种灌水方法可充分满足灌木生长所需水分的需要,保证栽植成

活率,且布置方便,适合现场运行和维护;可充分节水,亦可解决传统水车浇灌无法进入的问题,降低养护费用,同时还可避免传统浇灌方式对原有地形及植被造成较大的生态破坏。

(2)根据原地貌布设微渗滴灌系统,采用高位蓄水桶自流或水泵加压的方式,通过主管道向低位施工区域树枝方格内每隔30 m引支管并铺设滴灌带,根据树枝方格内灌木间距,引入滴灌带进行灌溉。

(3)蓄水装置由2×1 000 L的大型储水桶组成,每个装置可承担约10 000 m²的浇水范围,选择树枝方格区域地势较高的地段,迎风侧沿线路方向每隔150 m为1个单元,背风侧沿线路方向每隔300 m为1个单元。每单元架设临时蓄水装置,同侧相邻单元可共用1个蓄水装置,由钢筋固定至现场高位。干旱期间可进行水泵加压,由水车从取水点将水运输至工地,加入蓄水桶。浇水期间应由专人看护并随时加满。

(4)主管道选用DN75 PE管,支管道选用DN32 PE管,滴灌带选用DN16 PE管。管道铺设均采用明铺或浅埋的方式,需要覆盖的区域采用人工或小型机械进行开挖,开挖的土方放置于沟槽旁边以方便回填。滴灌带采用人工铺设安装,间距为1.0 m。管道安装严格按照相关规范进行,在蓄水装置地势相当的区域铺设DN75主管道,采取现场焊接;DN32支管道与DN16滴灌带均采用现场打孔焊接的形式。滴灌带与主管道相连,加设阀门控制。

(5)滴灌带铺设完毕后,根据灌木的位置,现场使用专用打孔器进行打孔,做到一穴一管,保证灌木根部均可接受滴水灌溉。浇水期间需专人进行维修和保养。微渗滴灌系统如图2所示,单个方格内微渗滴灌布置如图3所示。

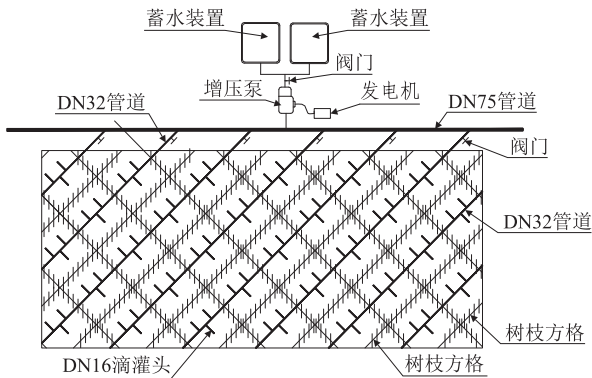


图2 微渗滴灌系统详图

2.2.4 养护管理和质量验收

根据现场实际布置水塔(钢支架+水桶),采用水车就近取水、机动补水的方法,确保现场植物浇灌持续进行。于每年春、夏季干旱时,秋、冬季封冻之前,根据天气和土壤情况进行灌水,一年浇3~4次。

微渗滴灌系统质量验收采用观察法,主管道和支

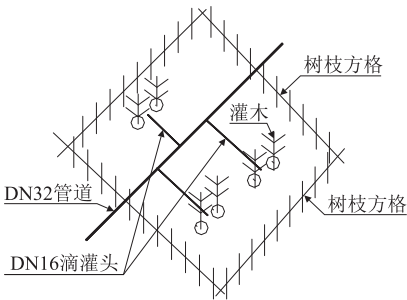


图3 单个方格内微渗滴灌布置图

管道不漏水,水可通过管道灌溉到滴灌带末梢的灌木即为合格;同时记录灌溉相同面积绿化带所需的水量,并进行对比。

灌木作为铁路主体工程的分部工程进行检验和验收,质量需满足铁路行业相关规定。

3 微渗滴灌平面防护效果研究

3.1 微渗滴灌平面防护维保效能研究

2020年3月银西高速铁路微渗滴灌风沙平面防护试验段建成,通过半年的维保,取得了一些初步效果,绿化成效显著。试验段微渗滴灌与一般区域采用水车人工维保的效能对比如表2所示。

表2 试验段与一般区域维保效能对比表

维保形式	养护面积 /hm ²	浇水次数 /次	总用水量 /m ³	维保/人次
水车人工	10	3	4 500	30
微渗滴灌			2 500	12

从表3可以看出,与一般区域采用水车人工维保相比,微渗滴灌节省总用水量33%,节省养护人工60%,具有明显的优势。该方法可解决传统水车浇灌无法进入的问题,避免传统浇灌方式对原有地形及植被造成较大生态破坏。

3.2 微渗滴灌平面防护绿化效果研究

通过半年的观测,非微渗滴灌区域植被覆盖度为23%,微渗滴灌区域植被覆盖率达到了42%,微渗滴灌平面防护措施的绿化效果较为显著。

3.3 微渗滴灌技术优势研究

微渗滴灌与其他滴灌技术相比较,其系统组成和功能的实现具有以下特点:

(1)微渗滴灌投资比传统滴灌少,同时还可有效减少地面漫流并控制灌溉深度,大大节省水资源。

(2)微渗滴灌管网主要采用PE管,适应地形能力较强,特别是在地形起伏较大的区域,管网可灵活调节,使滴灌末端直达灌木。

(3)有效控制树枝方格内的土壤含水率,降低杂草和病虫害发生率,同时减少农药用量,起到保护环境的效果。

(4)在大面积的干旱、半干旱区域,水源离施工区域相对较远,微渗滴灌技术能发挥较大的工程应用优势。

3.4 推广应用

试验段微渗滴灌技术取得了较好的绿化效果,继而在银西高速铁路 DK 524 + 415.00 ~ DK 526 + 750.00、DK 543 + 700.00 ~ DK 545 + 500.00 两段受风沙侵害较为严重的路基段落都布设了微渗滴灌系统,累计铺设长度近 4.3 km,覆盖绿化面积 89 hm²,植物生长态势良好,有效阻止了风沙对银西高速铁路的进一步侵害。

4 结论

本文在对银西高速铁路沙害特征进行分析的基础上,通过在 DK 518 + 089.10 ~ DK 519 + 085.42 段铁路周边荒漠化区域建设微渗滴灌风沙平面防护试验段,并对观测数据进行分析研究,得出以下结论:

(1)与传统水车人工维养技术相比,微渗滴灌技术总用水量和养护人工都有较大幅度的节省,其建设成本较传统滴灌技术也有节省。微渗滴灌区域植被覆盖度较非微渗滴灌区域有较大提高,微渗滴灌平面防护措施绿化效果较为显著。在大面积的干旱、半干旱区域,水源离施工区域相对较远,微渗滴灌技术能发挥较大的工程应用优势。

(2)银西高速铁路风沙路基微渗滴灌平面防护工程克服了气候干旱、缺水少雨、水资源盐碱化、植物成活率较低等一系列治理难题,为荒漠化地区铁路路基沙害治理积累了有益经验,具有较大的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 朱海娟. 基于能值理论的宁夏荒漠化治理生态经济效应研究[J]. 科技管理研究, 2016, 36(7): 240-244.
ZHU Haijuan. Study on the Ecological and Economic Effects of Desertification Control with Method of Energy Value in the Ningxia HUI Autonomous Region[J]. Science and Technology Management Research, 2016, 36(7): 240-244.
- [2] 王玉竹, 闫浩文, 王小平, 等. 基于 GIS 的兰新铁路沿线风沙灾害致灾成因分析及评价[J]. 铁道标准设计, 2020, 64(2): 51-56.
WANG Yuzhu, YAN Haowen, WANG Xiaoping, et al. Evaluation and Analysis of the Causes of Wind-Sand Disaster along Lanzhou-Urumqi Railway Based on GIS[J]. Railway Standard Design, 2020, 64(2): 51-56.
- [3] 谢胜波, 屈建军. 青藏铁路主要沙害路段治理技术及成效[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(7): 105-110.
XIE Shengbo, QU Jianjun. Sand Damage Control and Effect at Main Sections of Qinghai-Tibet Railway[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(7): 105-110.
- [4] 赵洋, 高广磊, 丁国栋, 等. 青藏铁路南山口段风沙灾害防护体系优化[J]. 中国水土保持科学, 2018, 16(4): 132-137.
ZHAO Yang, GAO Guanglei, DING Guodong, et al. Optimization of Protection System Against Wind-Sand Disasters in Nanshankou Section along Qinghai-Tibet Railway[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2018, 16(4): 132-137.
- [5] 周琪智, 赵洋, 高广磊, 等. 青藏铁路错那湖段挡沙墙风沙两相流数值模拟[J]. 中国沙漠, 2020, 40(6): 22-32.
ZHOU Qizhi, ZHAO Yang, GAO Guanglei, et al. Numerical Simulation on Wind-Sand Two-Phase Dynamic Characteristic of Sand-Blocking Fences in the Cuona Lake Section of the Qinghai-Tibet Railway[J]. Journal of Desert Research, 2020, 40(6): 22-32.
- [6] 王文博, 黄宁, 顿洪超. 沙丘背风侧不同铁路结构形式对风沙环境的适应性分析[J]. 力学学报, 2020, 52(3): 680-688.
WANG Wenbo, HUANG Ning, DUN Hongchao. Analysis of wind-Sand Movement over Sand Dune with Different Railway Forms Downstream[J]. Chinese Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 2020, 52(3): 680-688.
- [7] TB 10035-2018 铁路特殊路基设计规范[S].
TB 10035-2018 Code for Design on Special Railway Earth Structure[S].
- [8] 闫德仁, 袁立敏, 黄海广, 等. 直压立式纱网沙障对近地表输沙量及风速的影响[J]. 中国沙漠, 2020, 40(2): 79-85.
YAN Deren, YUAN Limin, HUANG Haiguang, et al. Influence of Gauze Sand Barrier on Sediment Transport and Wind Speed near Surface[J]. Journal of Desert Research, 2020, 40(2): 79-85.
- [9] 王涛, 谢胜波, 屈建军, 等. 通天河七渡口风沙环境特征及沙害防治[J]. 中国沙漠, 2019, 39(2): 70-78.
WANG Tao, XIE Shengbo, QU Jianjun, et al. Characteristics of Wind-Blown Sand Environment and Wind-Blown Sand Disaster Controlling in Qidukou, Tongtianhe River, China[J]. Journal of Desert Research, 2019, 39(2): 70-78.
- [10] 韩致文, 郭彩霞, 钟帅, 等. 库布齐沙漠 HDPE 网和植物纤维网沙障防沙试验效应[J]. 中国沙漠, 2018, 38(4): 681-689.
HAN Zhiwen, GUO Caiyun, ZHONG Shuai, et al. The Sand-Prevention Effects of HDPE Net and Plant Fiber Net Sand Barriers in the Hobq Desert[J]. Journal of Desert Research, 2018, 38(4): 681-689.
- [11] 李敏岚, 屈建军, 唐希明, 等. 高密度聚乙烯(HDPE)蜂巢式沙障对土壤水分的影响[J]. 中国沙漠, 2020, 40(1): 136-144.
LI Minlan, QU Jianjun, TANG Ximing, et al. Influence of HDPE Honeycomb Sand Fixation on Soil Moisture[J]. Journal of Desert Research, 2020, 40(1): 136-144.
- [12] 王逸敏, 刘康, 屈建军. 沙障对流沙地植被和土壤养分的影响[J]. 中国沙漠, 2019, 39(3): 56-65.
WANG Yimin, LIU Kang, QU Jianjun. Effects of Sand Barriers on Vegetation and Soil Nutrient in Sand Dunes[J]. Journal of Desert Research, 2019, 39(3): 56-65.