

西北干旱地区边坡植物防护施工工法

(TGJGF-03·04-46)

中铁五局集团有限公司

一、前言

强攻绿化,改善生态环境已成为开发大西北的首要任务之一。在宝兰铁路增建二线过程中,借助世界银行贷款,结合铁路建设加强生态环境建设,开展了西北干旱地区道路高边坡植被防护工程试验与推广,我公司在天兰段七标段对高边坡路堑及路堤分别进行了骨架内穴植容器草苗、灌木苗植被防护和人工植树栽藤、旱季与冬季液压喷播植草防护施工,取得了良好的效果,受到了世行环保专家和陕、甘两省领导及专家的高度评价和赞扬。我们对该施工技术进行总结,形成本工法。

二、工法特点

1. 液压喷播植草防护采用机械化施工,具有播种均匀、成活率高、草坪质量好、施工效率高、草坪成长迅速、稳定防护坡面快捷等特点。
2. 穴植容器草苗、灌木苗植被防护的苗木采用容器带原土栽培,起苗、包装、运输时不伤根,苗木活力强,栽植成活率高,不受绿化季节限制,延长了栽植时间。
3. 边坡防护效果好,施工成本低,后期养护费用少。
4. 植被防护开始较弱,初期养护任务较重,一旦形成稳定生长层,植被便可自然生长、繁殖,对坡面形成稳定的永久自然防护。

三、适用范围

适用于干旱、寒冷、土壤瘠薄、气候条件恶劣的地区尤其是高原地区铁路、公路、机场、水利、城市建设等领域的边坡坡面浅层防护、坡地绿化,并可推广应用于其他环境下的植树造林、荒山绿化、生态维护及改良工程。

四、工艺原理

所谓“植物防护”是指用活的植物(单独用植物或者植物与土木工程措施相结合)对施工边坡进行植被防护以减轻坡面的不稳定性和侵蚀。通过植物生长层的覆盖防止边坡表层土壤直接遭受雨水的冲蚀,通过植被根系层对坡面表土的固结提供机械稳定作用,从而对坡面形成绿色立体防护体系。

液压喷播植草是利用流体原理,将优选出的草种、肥料、土壤改良剂、土壤稳定剂、纤维覆盖物、种子粘结剂、保水剂等与水分按一定比例充分混合均匀后,通过机械加压,用高压喷头均匀地喷射到平整好的边坡面上,并覆盖无纺布等保水防护物,待种子发芽、生长1~2个月后便可形成草坪,从而覆盖、固结防护坡面。

穴植容器苗植被防护是利用容器和营养基质培育苗木,再将经过精心培养的苗木移栽到边坡,在边坡上很快形成一道根须具有一定深度、茎叶具有一定高度的草木混种的综合植被防护体系。

五、施工工艺

边坡植被防护施工工艺流程为:边坡修整→边坡支挡结构施工→选种试验→植被防护施工→形成稳定植被群落防护体系。

(一)坡面整修

喷播前应对坡面重新修整,人工拔除杂草,清除杂物,适度夯实边坡,黄土地层不宜将边坡拍死抹光,使大面平顺,路基本体及边坡填土稳定密实。

(二) 骨架施工

必须保证圬工质量,骨架面平顺美观,骨架内土体面不得低于骨架面以利于排水。

(三) 液压喷播植草防护

工艺流程见图1。施工要点如下。

1. 选种 草种一般要求根系较深、发达且密集,生长迅速,能在短期内覆盖地面;能够产生适量的种子,种子成熟快,脱落能自播生长;枝叶茂密旺盛,生长健壮挺拔;多年生,有可靠的匍匐枝,与路基边坡土体固结能力强,生存能力强,生长寿命长,再生能力强;刈割后有迅速恢复生长和再生的能力;能够适应当地四季与昼夜温差变化和地质条件,固根能力强,耐干旱、耐贫瘠、抗寒冷;枝茎与根系同长,草可长成50~100cm高;适应粗放型管理,一次成活,工程竣工后基本不需管理。

2. 物料配置 依据当地土壤、气候条件选定由有机质、速效肥、长效肥、保水剂、粗细纤维、土性改良剂和附着剂等组成喷播物料,并通过试验分析确定物料配合比。

3. 喷播 把水、喷播物料和种子以人工拌合均匀送至高压喷射机内,喷射时喷头尽可能与边坡面垂直,厚度要均匀,不能留死角。

4. 覆盖 喷播后用无纺布覆盖,以防止雨水冲蚀和水分过量蒸发。在寒冷季节喷播还应满铺草帘覆盖。

5. 养护及补喷 采用高压喷雾器喷洒水养护,养护水要成雾状均匀地湿润坡面,喷水时要注意控制好喷头与坡面的距离和移动速度,保证无高压射水流及股流冲击坡面形成径流。一般每周浇洒透水2~3次。出苗后撤除无纺布(用于保温的草帘撤除要根据气温及草苗抗寒能力确定),根据草坪生长状况适时浇水施肥并做好病虫害、杂草的防治。注意植被生长状况的检查,对生长不良区域要及时补喷,一般35~50d后路基边坡就形成相对稳定的植被群落,再经过一段时间的演替过程可达到持续利用的目的。

(四) 骨架内穴植容器草苗、灌木苗植被防护

工艺流程见图2。

1. 选种 通过试验选取适应地方气候与土质的优良品种,除与液压喷播植草种子同样的要求外,还要求植株具有较强的扩展生长能力。草苗叶茎生长密集并向外扩张形成保护伞簇,根部以孔穴为中心向周边扩展,发芽丛生并使孔穴之间植被联结成片。灌木苗要枝条发展较快,枝叶密集并向外扩展生长,上层枝叶联结成片,能较快地对坡面形成保护伞。植株根系的深度与根须发展速度要适于在黄土路堑致密土质及更显干旱条件下的生长,以加强植株根系对路堑坡面的加筋作用及加筋深度。

2. 育苗基地选择 多采用塑料大棚温室育苗。温室选在背风向阳、离水源较近、排水良好、便于管理且距离施工地点较近的地方。面积一般以600~1000m²为宜,跨度一般为4~7m。温室内应有配套的管道喷灌或滴灌设备、取暖设施、通风设施。

3. 育苗容器选用与基质配制 育苗容器种类很多,可根据苗种、育苗期限、育苗方法和苗木规格等不同要求进行选择。对于植株体形较小的草苗可采用一次性塑料水杯或纸水杯,灌木苗采用直径20cm的塑料穴盘或塑料培养袋(底部有孔)。采用的培养土基质有两种:一种是加有养分、微量元素的培养土,用于培养脱毒苗;一种是在使用中不断补充养分的培养土。国内外研究表明,用于播种育苗的营养基质必须要轻质、卫生、透气、保水性能好,自身含肥分少,干净无病菌,不带杂草种子,体积不因干湿而有明显变化,有形成稳定根团的能力,一般来说,基质的pH值应保持在5.5~6.5左右。可供作培养土的材料很多,培

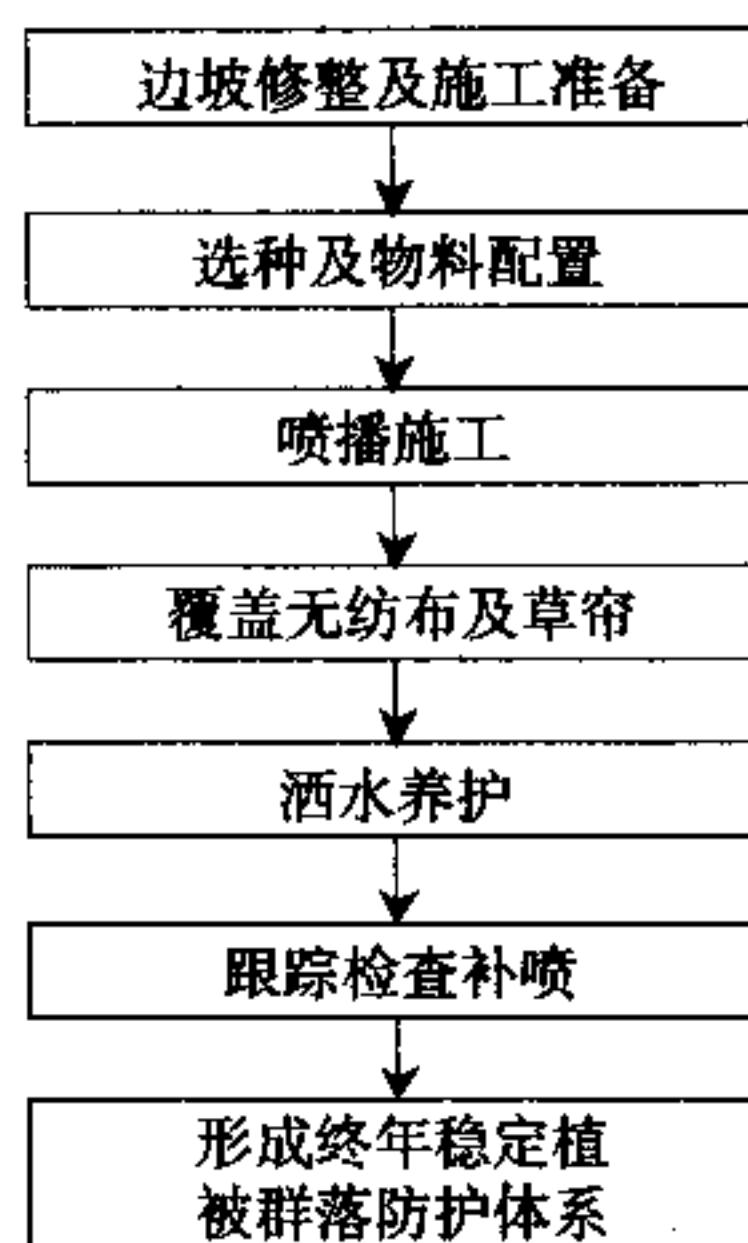


图1 喷播植草工艺流程



图2 穴植容器苗防护工艺流程

养土视培养苗种、地区千差万别,须因地制宜。

4. 播种与育苗

(1)为防止苗木发生病虫害,培养基质使用前需进行消毒:可采用蒸汽加热处理,也可拌入适量的杀菌剂或采用化学药剂熏蒸,熏蒸每 m^3 培养基质用 25kg 硫酸亚铁(3%),翻拌均匀后用不透气材料覆盖 24h 以上或装入容器在圃用地膜覆盖 7~10d 后即可播种。

播种前要对种子进行催芽和消毒,在育苗基地周围驱除鼠、野兔,在容器内按照粗、中、细的顺序填入培养基质。播种时必须均匀,密度适当,播于容器中央。播种完毕后必须压实,确保种子和介质紧密结合,覆土厚度一般为种子短径的 1~3 倍,细小种子一般不宜覆土以不见种子为度。然后立即浇透水。

(2)育苗时最好将容器放在离地面 20~50cm 的架子上,使容器苗底部保持良好的通风,当根系长出容器时根尖暴露在空气中会停止生长,起到空气修根的作用。而这些停止生长的根尖仍然具有活力,一旦移栽后还会继续生长形成发达的根系。

(3)防止容器内形成盘旋根以免影响植株移栽后的正常生长,选用边壁具有根须生长导向棱的容器或者在容器制作时在容器壁上留出边缝,当苗木侧根长到边缝接触到空气时不仅根尖会停止生长,利用空气修根不仅留下具有活力的侧根根尖,同时还可形成更多须根,移栽后继续生长成发达根系。

(4)温度是所有生物极为重要的生长条件之一,温度过高或过低都会直接影响苗木生长,必须不断调节室内温度,使苗木始终处在比较适宜的生长温度范围。播种后至出苗前阶段的室内温度一般控制在 18~22℃,最高不超过 30℃,最低不低于 5℃。地温控制在不高于 23℃,不低于 5℃。出苗后期的温度白天一般控制在 25~30℃,最高不超过 33℃。

(5)湿度也是植物正常生长的重要条件之一。育苗温室内的空气相对湿度不宜过高,在种子发芽和出苗期间,空气相对湿度最好保持在 70%~80%,浇水不要过于频繁。等到幼苗发根以后,要适量勤洒水,但室内相对湿度应降低到 50%~70%。有适当的空气流通,以便在浇水以后培养基表面和叶面能迅速干燥,培养基保持适量湿润。提高温室内空气湿度的方法有:a. 设置双层覆盖;b. 向温室内输入水蒸气;c. 灌溉,在出苗前不宜大量浇水,每 2~4d 喷 1 次水,出苗后 2~3d 喷 1 次水,生长旺期每天喷水 1 次或 2d 喷 3 次,喷水时间 9:00~10:00、15:00~16:00。5~6 月温室内气温急剧升高,可用喷水降温增加湿度。所用水要经过储水池晾晒,防止冷水刺激幼苗。降低室内湿度的方法有:a. 通风(如有条件采取自动控制通风最为理想);b. 通风并增温。

(6)喷灌要力求喷洒均匀,水滴成雾状。喷洒的时间要短,时间愈短,室内的空气湿度从 100% 下降到所要求的状态越快,以减少真菌病害发生的机会,喷灌压力应适当,喷嘴不宜过大或过小,过大水滴易击伤幼苗或冲走营养基质,过小会延长喷灌时间。

(7)温室容器苗的施肥要结合喷水来进行。当幼苗生长到 2 片叶时,开始喷施第 1 次液肥。严禁干施化肥,追肥后要及时用清水冲洗幼苗叶面。施肥种类要根据苗木不同生长阶段所需的营养进行,在速生期要以施氮肥为主,在驯化炼苗期要以施磷、钾肥为主。在冬季温室内二氧化碳的含量会降低,影响苗木生长。在温室内补给二氧化碳,可以增加光合作用净值,促使苗木快速生长,所以又叫施气肥。

(8)由于温室内温度高、湿度大,最易发生病虫害,防治措施为:加强管理和注意环境卫生,保持室内排水良好,无其它作物,经常通风,湿度低于 80%。所用工具器材应清洗消毒。在阶段发芽结束以前不施氮肥。发现病虫害及时防治。

(9)种壳脱落、幼苗出齐一周左右及时间除过多的幼苗,每个容器中保留适合的苗株数量(草苗为 10~12 株,灌木为 1~2 株)。育苗容器内长出杂草时应及时连根拔除,拔草时不得损伤苗根,拔草后将培养基质压实。

5. 出圃移栽

(1)穴植容器草苗高度大于 10cm、每穴草苗不少于 10 根、灌木苗高度大于 30cm 并形成根系团后就可出圃移栽。凡是未形成根团的,苗木长势衰弱的,有根腐现象的都不能出圃。起苗时间应结合区域气候与施工工期要求,做到随起随运随栽植,起苗时应注意保护根团完整,搬运过程中要轻拿轻放,运输时最好连容器带框架运输,或连容器一道放在包装箱内运输。

(2) 苗木运到施工地点后立即移至工地保育棚内保管和继续培育,随取随栽。栽植时用改装的电钻在边坡上按设计间距钻孔成穴:口径 15cm,深度 20cm,与坡面下夹角为 60°。注意随钻随用,以保证穴内土壤湿度。按比例配置好普通营养土同时施加 PT 菌根、生态绿宝、保水剂等,草苗从容器边缝处破除容器,灌木苗从穴盘内小心拔出,破除容器及拔出灌木株苗时一定要注意不可伤及植株根系。在孔穴内充填一定高度营养基质后将苗木植入穴中央,继续填充营养土并压实,栽植后要立即洒水养护。废容器要收集集中处理,穴盘回收消毒后再用。

6. 养护与管理

养护期内对植被防护工程进行看管、浇水、施肥、病虫害治理、植被修剪及补植工作。浇水视气候、季节情况而定,一般 6~10d 浇一次,干旱季节可适当增加,雨季酌情减少浇水次数,冬季减少浇水量与次数,进入冰冻期停止浇水。植株生长稳定并开始扩展生长时适当松动孔穴周边表层土体以利于植株向穴孔外扩展生长,尽快联结成片形成坡面植被保护伞、根系加筋网及稳定的植生群落。

7. 温室容器育苗技术及管理较复杂,育苗管理人员要有较高的技术水平和较强的事业心,需要具备相应的专业知识及丰富的育苗经验,需要精心管理。

(五) 人工植树栽藤

选购树苗与藤苗时应保证苗木质量,苗木根系要完整发达,植株强壮整齐无病害,苗木截干、分级、剪根、数量统计等必须在苗圃完成,运输时必须进行保湿包装,严禁苗木受风吹日晒,一旦发现苗木干燥要及时浇水。苗木运输到工地后未能马上栽完的,应立即将苗木假植于背风和背阴之处的土壤中,将根系与土壤充分接触、压实,并浇水。栽植时在边坡或边坡平台上挖孔成穴,施加基肥后将带土树苗按设计间距(平台上栽植的侧柏株距均为 0.5m)栽植并培土压紧,栽植过程中要注意保持苗木活力。藤苗一般以盛少量水的塑料桶提苗分发到每个栽植者手中,栽一根从桶内拿一根,侧柏带土移栽,注意保持土团湿润,根须舒展不窝根,栽植后立即浇水养护并注重后期施肥与病虫害防治管理。

(六) 植被防护

植被防护需与路基施工密切配合,路堤填筑须密实,否则会造成植被与路堤一同被冲刷破坏。植被防护成功的关键在于养护和管理,必须杜绝只栽不管造成植被难以成活无法形成植生群落产生防护作用的现象出现。

(七) 黄土路基植被应采取的措施

黄土属黏性土,比较肥沃,但土壤结构紧密,通气性和透水性差,温度低,增大了植被根系生长阻力,为此可适当进行边坡土壤耕作使土层疏松,增强土壤透水性和吸水性,切断毛细管减少水分蒸发,提高土壤蓄水保墒和抗旱能力,增加非毛细管孔隙,加强土壤的通气性。耕过的土壤地温较高,调整了西北地区昼夜温差大对植被根系生命活动的影响。如能在边坡表层覆以熟土并以网片固土则效果更好。

六、机具设备(见表 1)

表 1 机具设备

序号	机具名称	规格	单位	数量
1	汽 车		辆	1
2	液压喷播机	含运输车、配料、喷播机等全套	套	1
3	抽 水 机		台	1
4	电 钻	JIZ-SD05-13A 420W 550r/min	台	2
5	磅 秤		台	2
6	莲 蓬 头	每个工点	个	3
7	自制钻头	直径 15cm		
8	砂浆拌合机		台	1
9	温 度 计	每个工点	个	1
10	胶皮水管		m	300
11	架 子 车		辆	3
12	铁 锹		把	5

七、劳动组织(见表2)

表2 劳动组织

序号	工 种	人数	备 注	序号	工 种	人数	备 注
1	汽车司机	2		8	汽车司机	1	
2	电工	1		9	电工	1	
3	工程师或技术员	1	液压喷播	10	工程师或技术员	1	浆砌片石骨架内
4	喷手	1	植草	11	养护工	1	穴植容器苗及人
5	配料工	2		12	育苗人员(含育苗技术员)	4	工栽植植被防护
6	养护工	1		13	砌石工	20	
7	其他	3		14	其他(含搬运、栽植人员)	10	

八、质量控制

1. 选用的种子品质应达到国家标准规定的Ⅱ级以上。栽植用草苗、树苗、藤苗必须达到国家标准的优质壮苗条件,所使用基材、药物及肥料均需满足行业规定与施工所需,不能对环境造成污染。

2. 植被防护的坡面应平整、密实、湿润;及时进行养护和管理,直至植物成长覆盖坡面,要求植被成活率达到90%以上。

3. 浆砌片石骨架施工严格按照《铁路混凝土及砌石工程施工规范》与设计要求作业。砌筑时要做到石料规范,砂浆饱满,骨架面平顺,沉降缝美观。

4. 各类培养基质、喷播物料及施肥配比必须严格按国家相关规程、原料使用说明结合物种及当地气候配制,严格控制选种、培料配制、容器育苗、液压喷播、苗木起苗运输及栽植、植被养护与后期管理等工序的工序质量。

5. 搞好技术培训,加强技术攻关,提高职工素质,积极推广应用新技术、新方法、新工艺、新设备,特别是对容器育苗技术、液压喷播植草等新型植被防护技术在西北高原干旱地区的应用。

九、安全措施

1. 施工全过程严格遵守《铁路法》、《环境保护法》和《水土保持法》等有关法律,接受地方环境部门的领导、监督、检查,施工废弃物要及时回收集中处理,培养基质与喷播物料要做好计划随拌随用,对施工人员进行宣传教育,树立环保意识,做到文明施工。

2. 加强与当地气象部门、水文部门的联系,及时掌握气候情况和水文情况,作好防洪、防冻抗灾信息收集工作,加强职工抗洪、防冻思想教育和防护物资准备,为植被防护的施工和养护管理提供相关气象水文信息。

3. 高边坡施工要注重作业安全,严禁上下重叠施工,骨架浆砌片石施工及人工坡面容器苗栽植时必须搭设简易施工台架,施工人员应按规定拴好安全绳、带好安全帽,液压喷播人员须穿戴相应防护用品,以确保施工人员安全。

4. 施工使用机械必须严格按操作规程操作,施工用电力、照明、水管线路布置规范,加强设备管理与安全使用管理。

十、技术经济分析

本工法结合了浆砌骨架防护与液压喷播植草、穴植容器草(灌木)苗及人工栽树植藤几种方兴未艾的植被防护方法,对西北黄土高原干旱少雨和冬季寒冷地区路堑、路堤高边坡绿色防护施工和生态环境改善进行了有益的探索并取得成功。在宝兰铁路二线天水至兰州段施工中应用本工法首先取得了显著的社会效益,不仅为宝兰二线生态铁路建设做出了实质性的巨大贡献,而且也获得了世界银行环保官员及地方有关部门的大力赞扬,被甘肃省及陕西省水保部门联合表彰。其次在经济方面采用植被防护的综合边坡防护同传统浆砌片石护坡相比,以宝兰二线 DK1513+020~+800 单侧路堤高边坡为例,液压喷播植草 8000 余 m²,仅需投资 10 万余元,如采用浆砌片石护坡建设投资将达近 200 万元;采用浆砌片石骨架内容器苗综合防护工程与浆砌片石护坡相比,以宝兰二线 DK1494+769.6~DK1495+000 段深路堑双侧高边坡为例,前者总投资约 103 万元,后者建设投资将达 220 万元,其经济效益是显而易见的。

十一、工程实例

宝兰二线天兰段七标所处黄土高原海拔 1400 ~ 1500m, 大陆型干旱气候, 年均气温 3 ~ 10℃, 最高气温 38.2℃, 最低气温 -19.2℃, 年降雨量 446 ~ 550mm, 年最大蒸发量 1934.3mm, 最大冻结深度 1m。设计将 DK1494 + 769.6 ~ DK1495 + 000、DK1513 + 020 ~ + 800、DK1516 + 250 ~ + 450 三段列为绿色通道试验区, 其中 DK1513 段为高填方路堤边坡旱季液压喷播植草试验区、DK1516 为填方路堤低温气候液压喷播植草试验区, 两段均处于双绕段, 路基填料为黏质黄土具 II 级自重湿陷性, 边坡高度分别为 11m、6m。DK1494 段铁路以路堑形式沿既有线左侧经过, 为双线绕行段, 地层为第四系全新统冲积黏质黄土, 硬塑, II 级土, $\sigma_0 = 150\text{kPa}$, 具 II 级自重湿陷性, 设计分段采用拱形骨架内穴植容器草、灌木苗边坡植被绿化进行防护, 最下层拱形骨架护坡内的护脚顶部栽两行五叶地锦, 平台上分别栽植一行带土球的小侧柏(苗高 30cm)和大侧柏(苗高 50cm), 路堑两侧天沟 1.0m 外设一道隔离护栏, 见图 3。

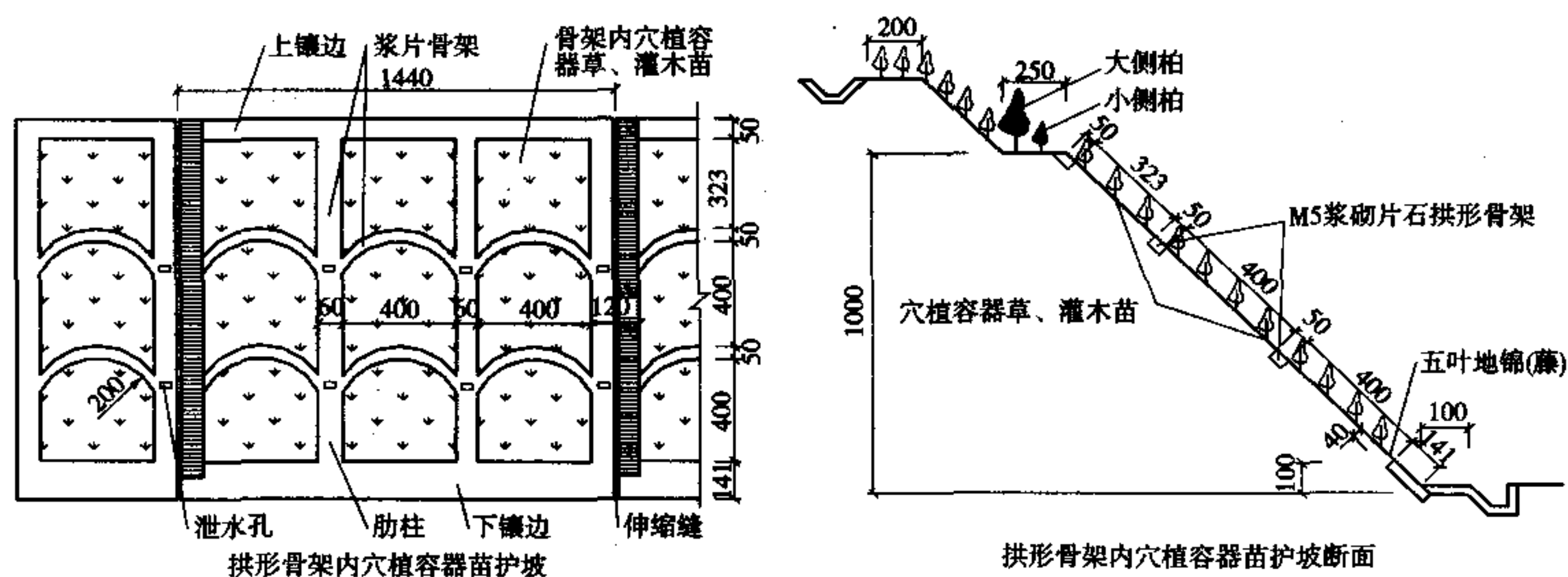


图3 DK1494 段边坡植被防护(单位:cm)

两段液压喷播植草防护工程分别于 2001 年 11 月下旬寒冷季节、2002 年 4 月下旬旱季完成, 试验表明, 只要养护与管理严谨, 旱季合理及时洒水浇灌, 冬季做好防寒与温度监控, 液压喷播植草均能如期达到设计防护效果。穴植容器苗试验区综合防护工程于 2001 年 6 月开工, 2002 年 7 月完工, 经过一年多的养护与观察显示, 植被防护地段边坡普遍稳定。三段试验区不仅确保了高路堤、深路堑边坡的稳定, 与浆砌片石护墙相比节约投资近 300 万元, 经济效益显著, 同时也将铁路施工与生态改善、经济发展与区域可持续发展有机地结合起来, 在生态环境极为脆弱的宝鸡至兰州东增建二线天水至兰州段施工中不仅为宝兰二线生态铁路建设做出了实质性的巨大贡献, 而且也获得了世界银行环保官员及地方的大力赞扬, 被甘肃省及陕西省水保部门联合表彰, 取得了显著的社会效益。

执笔: 杨怀志 夏真荣