

水力喷草技术在防治水土流失中的应用

邹 战 国

(广东省水利水电科学研究所·广州市·510610)

提 要

根据水力喷草技术的基本原理,结合广东省水利水电工程,应用水力喷草技术防治水土流失,达到了护坡、防止水土流失和绿化环境的目的。并分析了水力喷草技术在水土保持中推广和应用的前景。

关键词: 水力喷草 水土保持 应用

Application of Planting Grass Seed with Waterpower in the Control on Soil and Water Loss

Zhou Zhanguo

(Institute of Water Conservancy and Water Electricity of Guangdong
Province, Guangzhou Guangdong, 510610)

Abstract

Based on the fundamental principle of planting grass seed with waterpower, the technique was applied to control soil and water loss in the projects of water conservancy and water electricity in Guangdong province. By using this technique, the objectives to protect slope, to control soil and water loss and to afforest environment have been achieved. Meanwhile, the prospects of this technique for application and popularization in the control on soil and water loss were analysed.

Key words planting grass seed with waterpower soil and water conservation application

随着国民经济的迅速发展,水利水电建设发展也相应迅速,新建的各种水利水电工程、江河堤坝、公路边坡、居民住宅小区等等,都需要进行水土保持护坡绿化工作,防治水土流失,美化环境。《水土保持法》第二章第十九条规定“建设项目中的水土保持设施必须与主体工程同时设计、同时施工,同时投产使用”。因此,开展水力喷草技术研究和应用工作,是其水利工程不可缺少的部分。

一、水力喷草原理

水力喷草技术是通过机械喷播草种代替人工种植草皮的先进技术,对于土质复杂、土壤松软、不平坦或者坡度较大,不宜铺种草皮的地方,都可以进行水力喷草。水力喷草是生物工程、机械工程、水力工程及植物生长辅助材料等相结合的多学科的综合技术。将草种、纸浆、粘合剂、肥料、水等按一定比例投入喷草机水箱,经过动力机和水泵加压力,喷播到需要植草护坡的坡段上或其它需要植草的地方,经过水、肥、温度等适当的条件下发芽出苗,将需要喷草的坡段覆盖,达到防治水土流失。

1989年我们从香港引进了一台喷草机,以及进口草种,接着进行试验研究。该项技术的研究应用在我国尚属首次,经过三年多的研究应用,取得了较好的经济效益和社会效益。

(一)生物工程原理

草种喷播到土壤里,发芽生长成苗,种子是否能够萌发,一是种子本身是否具备了萌发的条件;二是外部环境条件是否使它能够萌发,即有一定的温度、水分和氧气,是缺一不可的条件。

(二)机械工程和水利工程原理

喷草机是由汽油机、水泵、水箱、管道、喷头组成,然后装在汽车上运行。我们使用的喷草机水箱容积为 1.6m^3 ,水泵流量为 $4\text{m}^3/\text{h}$,水管长 50m ,喷头射程 $5\sim 10\text{m}$,将汽油机产生的机械能传送给水泵,变成高压水流,通过管道及喷头喷射出去。

水泵形成的高压水流将草种喷射到土壤里,水流喷射的形状和效果取决于水压力及喷嘴的形状和面积,喷嘴的形状做成“一”字形,喷射出的雨滴落地形状为圆弧形,即“ \wedge ”形状。雨滴当量射程为:

$$R = f \sqrt{dH}$$

式中: f —射程系数; d —喷嘴当量直径; H —喷嘴压力。

在 f 和 d 一定条件下, R 随着 H 的变化而变化。由于水流速度大,射程远而且宽,因此效率为人工的几十倍,喷播均匀,附着力强,质量好,可以大面积喷播。

(三)植物生长辅助材料

喷播草种过程中,需要附加纸浆保护草种,保水剂和固结剂促进草种发芽,将草种、纸浆、保水剂、固结剂、肥料按一定比例投入水箱,根据不同土质、坡度、表土疏松程度和气候等因素,采用不同的比例,使草种尽快发芽生长和蔓延。

二、试验方法

(一)草种发芽试验

试验草种有百慕达和百喜草,均从澳大利亚引进。百慕达属多年生缓慢生长草类,能够在多种土壤中生长,适应性强,是防治和控制水土流失的草类。百喜草兼具种子和无性繁殖能力,生命力强,耐高温,适宜沙壤土、壤土等土质生长。取百慕达、百喜草各100粒,设置5个重复试验,采用常规浸种催芽法,温度在 $30\sim 33^\circ\text{C}$ 之间,全期发芽时间为20天,经测试,百慕达发芽率为65%,第5天达发芽高峰,百喜草发芽率为72.3%,播后10天即达发芽高峰。

(二)室内草种发芽生长需水试验

选择6~7月份的高温、干旱、阳光充足条件下进行室内百慕达、百喜草发芽生长需水试验,具体试验结果如下。

1. 播后缺水1天,第2天复水后进行不缺水管理,种子可以发芽生长。
2. 播后缺水2天,滤纸全干,第3天复水后正常管理,种子推迟发芽,发芽率显著下降。
3. 播后缺水3天,第4天复水后正常管理,种子全部不发芽。
4. 长出第1片完整叶,第2片刚长出针状时缺水1天,草苗仍可以生长,缺水2天草苗枯死。
5. 有2片绿叶,第3片刚长出针状时缺水2天,第3天复水后草苗能成活,出叶速度减慢,缺水3天草苗枯死。
6. 第3片绿叶形成以后,可以缺水4~5天,草苗仍可生长。

草种从发芽、出苗、长苗、成苗(平均有4片叶的苗)这一过程,称为一个试验周期,室内温度和水分养料等都比较适宜,生长周期短,一个周期约需20~25天,室外现场试验,周期长一些。

(三)室外小面积水力喷草试验

选择室外面积为 500m² 的试验小区,以赤红壤铺垫,厚度为 8cm,采用百慕达和百喜草两种 1:1 比例草种混播,用量为 11g/m²,干纸浆 100g/m²、保水剂 0.5g/m²、复合肥 0.5g/m²,将上述配料用喷草机喷播到小区 1 号,接着进行肥水管理,土壤相对湿度保持在 50%~70%之间,经测试,草种发芽率为 70%,4 片叶以上草苗高达 5~8cm,覆盖率为 95%,试验周期为 35 天,试验结果比较满意。

三、实际工程应用与效果分析

根据水力喷草技术的试验研究成果,以及实际工程保土护坡绿化建设的需要,我们在惠州大堤、广州蓄能电站环山公路、深圳东深供水三期扩建工程一号支洞坡面等进行了水力喷草,取得了较好的效果,获得了建设单位的好评,下面分别介绍上述工程的应用情况。

(一)惠州大堤水力喷草护堤绿化

惠州大堤是通过机械碾压加宽加高原有堤段,于 1990 年 7 月建设完成,堤段土质为红色粘土,土质板结瘦瘠,保水力差,下雨粘糊,水土流失,晴天硬如石,尘土飞扬,因此需要进行护堤绿化,采用水力喷草治理水土流失。该堤段坡长 8~23m 不等,坡度为 1:2.5,喷播前沿等高线挖松表土 3cm,采用百慕达、百喜草混播,将草种、肥料、纸浆、保水剂等按比例混合喷播。喷播草种期间正值高温干燥季节,降雨量少,日蒸发量高达 5mm,因此水分管理工作是十分重要的环节,每天采用喷草机淋水,经过三个多月的管理,喷播草种全部成活,草苗覆盖率平均高达 61.8%,见表 1。草苗出叶数及分枝数比较高,见表 1。惠州大堤经过水力喷草技术处理,防止了新堤坝的破裂,滑坡及水土流失,绿化了堤坝,对坡地的良性循环有显著的效果。

表 1 草苗覆盖及生长情况

坡段	日 期(月、日)			最高草 苗高 度 (cm)	平均高度 (cm)	出叶数 (片/株)	分枝数 (条/株)
	10.05	11.03	11.30				
	覆 盖 率(%)						
1	22.1	33.8	59.4	12	9	5	3
2	18.4	35.6	67	11	9	5	3
3	31.3	45.1	65	11	7.5	5	1
4	25.2	30.7	56	8.5	6	4.5	2
5	22.6	38	61	7	5.5	4	1
6	23.8	35	58	9	6	3.5	1
7	28	43	68	7.5	6	2	1
8	32	41	66.4	7.5	5.5	2	2
9	23.7	34.7	55.9	8	6	3.5	3
10	26	37	58.5	8	6	3.5	3
11	27.8	38.5	62.3	10	9	4	2
12	24.3	36.4	64.6	11	8	5	3

注:有代表性选择 12 个坡段进行调查,平均覆盖率为 61.8%,经过次年春天,覆盖率达 100%,根据草苗效果分为五个不同档次,每个档次设三个重复调查点。

(二)广州抽水蓄能电站环山公路护坡绿化

广州抽水蓄能电站环山公路陈禾洞路段于 1990 年建成,该路段长 4km,公路两旁边坡尚未植草覆被,受电站的委托,我们于 1991 年 3 月对该路段进行水力喷草。陈禾洞路段高程为珠江基面 656.15~850m,坡度 40~70°,坡长 10~60m,该路段内挖方和填方的土壤质地比较复杂,土壤瘦瘠,保水力差,短期内各种草本植物较难生长,又不宜铺种草皮。因此,采用水力喷草进行护坡保土

绿化,防止水土流失,美化环境。

根据陈禾洞具体情况,不同坡度的坡面,采用不同的措施。喷播面积合计 11 241m²,由 53 块大小不等的坡面组成,喷播时间从 3 月 20 日到 5 月 8 日止,草苗覆盖率达到 80%。喷播前先松表土,坡度较大的地段适当增加草种量和其它辅助材料,使草种喷洒均匀,附着力强,促其较快发芽生长。生长期间加强肥料、水分管理,适当增加肥料用量,采用喷草机淋水,保证草苗有充足的水分。平均施用复合肥 100g,总共淋水 300m³(降雨量未计),平均每棵草苗长叶 7~8 片,多的达 10 片,一般长 5 片叶时草苗开始分枝生长,见表 2。该路段喷播期间适逢春天,正是草苗生长季节,所以草苗生长均匀,获得较好的效果,得到了建设单位的好评。

表 2 草苗生长情况

调查序号	最高草苗高度(cm)	平均高度(cm)	出叶数(片/株)	分枝数(条/株)
1	12	9	8	4
2	11	8.5	8	4
3	11	8	8	5
4	8	7.5	7.5	4
5	7	6	6	3
6	6	5.5	5.5	2
7	7	6.5	5	3
8	12	10	9	4
9	10	9.5	8	5
10	11.5	10.5	9	5
11	13	11	10	4
12	12	11	9	4

注:草苗覆盖率为 80%,喷播草种为百慕达和百喜草,

根据草苗效果分 5 个档次,每个档次设 3 个重复调查点。1992 年 4 月对坡面进行水力喷草。

由于交通道一旁坡面坡度较大,直接喷播难以成活,为此,采用喷播和穴播相结合,即在坡面上打穴洞,规格为长宽深各 10cm,穴洞之间为品字形,中心距为 30cm,穴洞内松土 5cm,然后播种,覆盖少许土壤,草种采用百慕达和百喜草,按相同重量比例混播,在此基础上喷播草种 1 次,其它坡度较小的采用喷播方法。喷播和穴播相结合的坡面草苗生长良好,蔓延快,基本上覆盖了空隙,其它喷播的地方覆盖都比较好,覆盖率 75% 以上,大部分草苗长出 5 片叶以上。

喷播和穴播相结合的办法对草种发芽有着不同的结果,不同土质对草种发芽有影响,草种有无覆土也有影响,不同水分管理影响草种发芽,试验情况见表 3、表 4、表 5。

表 3 不同土质对草种发芽的影响

项 目	相同水分管理,相同用种量和用肥,不覆土,坡度 35°,5 月 29 日播种。
硬土(瘦土)	不出苗,草种不发芽。
表土(肥土、松土)	6 月 12 日出苗,6 月 20 日出苗数增加 3 倍。
粉土(松土)	6 月 12 日出苗,6 月 20 日出苗数无增加。比表土出苗少。
半粘土(松土)	6 月 20 日开始出苗。

表 4 不同水分管理对草种发芽的影响

项 目	土质相同,相同用种量和用肥,5 月 29 日播种。
3 天淋 1 次水	6 月 12 日出苗,6 月 20 日出苗 50%。
4 天淋 1 次水	6 月 12 日出苗,6 月 20 日出苗近 30%。
5 天淋 1 次水	不出苗。

实践证明,坡度较陡,不宜直接喷播草种的地方,采用穴播和喷播相结合,依靠草苗分枝蔓延,达到覆盖坡面是可行的。1 号支洞交通道一旁的坡面原有的冲刷沟,沟深有的达 2m、宽 3m,采用喷

(三)深圳东深供水 3 期扩建工程 1 号支洞坡面护坡绿化

深圳东深供水 3 期扩建工程 1 号支洞是为开挖供水隧洞而建设的,1 号支洞作为以后检修工程和参观而保留。因此,1 号支洞坡面需要护坡绿化,防止水土流失。

1 号支洞洞面及洞口以外的交通道是沿山开挖而成的,坡面都是光秃秃的红土坡面,交通道两旁坡度从 33°到 86°不等,洞面是开挖凹进去的马鞍形,坡度从 32°到 69°不等,总面积 7500m²,坡面土质坚硬,降雨引起水土流失,形成不少的冲刷沟,而且很难在坡面上种树或铺种草皮,为了稳固坡面,防治水土流失,我们于

表5 草种有无覆土对草种发芽的影响

项 目	相同水分管理,相同用种量和用肥,坡度 35°,5月29日播种	备 注
实土(原状土)	6月12日发芽,6月22日因雨水冲走草种。	
松土(搅动土)	6月12日发芽,6月20日草苗增加10%。	发芽数为不松土的3倍
松土(播后覆土0.5cm)	6月12日发芽,6月20日草苗无增加。	发芽数为不松土的4倍
松土(播后覆土1cm)	6月12日发芽,6月20日草苗无增加。	发芽数为不松土的4倍

注:表中结果只仅仅是对供试两个草种而言,对于不同的草种,各种因素的影响会有所不同。

播穴播相结合,草苗生长旺盛,有效地防止冲刷沟继续延伸,防止新冲刷沟的形成,原来光秃秃的坡面披上了绿装。

四、结 语

水力喷草技术是根据草种生长的特点,采用机械化作业的一门新技术,是水土保持、护坡绿化、美化环境的一种有效措施和方法。具有显著的生态效益、社会效益和经济效益。水力喷草技术有如下特点。

1. 喷播速度快,可以进行大面积喷播,成活时间短,2个月左右基本上覆盖。人工铺草皮一般要1年以上才能覆盖,大面积铺草皮难度大,速度慢,效果不如喷播好。

2. 不受地形、土质条件限制,土质复杂、凹凸不平、坡度较陡、均可以采用水力喷草技术。

3. 水力喷草不仅能使光山秃岭披上绿装,改善环境小气候,而且通过草群的强大根系把土壤下层分散的土壤养分吸收和聚积起来,通过草丛的枯萎和落叶将残体归还土壤,增加了土壤的有机质,和土壤的团粒结构,提高了土壤肥力。同时植被能截留降水,减缓地表径流,增加土壤入渗量,具有良好的蓄水保墒效能,同时改善了当地的小气候,提高了地面湿度,降低了表土温度,有利于植物的生长和发育。水力喷草可以绿化环境,造福人类,改善环境条件,防止水土流失,避免自然灾害所带来的损失。而且水力喷草投资少、见效快,比人工铺草皮明显减少人力物力。

4. 水力喷草技术不仅适用于江河、堤围、土坝、边坡、公路等、植草、保土、护坡、绿化,也适用于城市绿化,如运动场、住宅小区、道路、公园等公共场所的绿化,应用比较广泛。

参 考 文 献

- [1]《旱地牧草栽培技术》.北京:农业出版社,1992年