

喷射绿化技术及其在水土保持中的应用

吉文丽<sup>1,2</sup>, 李卫忠<sup>1</sup>, 郝红科<sup>1</sup>, 朱清科<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 北京林业大学水保学院, 北京 100083)

摘要: 喷射绿化技术是一项快速恢复植被和美化环境的先进技术。自20世纪80年代末引入我国后, 在高速公路和水电站等工程建设后期地被植物的恢复中得到广泛应用, 但在荒漠化防治等领域的研究和应用却较少; 该技术在我国应用上已取得一些成绩, 得到不断发展, 但尚未形成自己完整成套的技术; 该技术随着发展, 出现了名称混乱的现象。因此, 对喷射绿化技术的分类、发展和应用领域进行了探讨, 并提出了今后应加强研究的方向。

关键词: 喷射绿化技术; 水土保持; 应用; 分类

中图分类号: S 157 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005)06-0150-03

Study on Greening Technic with High-pressure Injection  
and Its Application in Soil and Water Conservation

Ji Wen-li<sup>1,2</sup>, Li Wei-zhong<sup>1</sup>, Hao Hong-ke<sup>1</sup>, Zhu Qing-ke<sup>2</sup>

(1. College of Forestry, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
2. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Greening technic with high-pressure injection is an advanced technology in quickly rehabilitating vegetation and beautifying the environment. It has been applied broadly into the rehabilitating vegetation of express way and hydroelectric engineering but seldom in the combating desertification since the end of 1980's in the 20th century. It has been developed and got some achievements in our country, but it has not been developed a complete set technic. There are many confused names about the greening technic in recent years. Therefore, the classification, development and application of the greening technic with high-pressure injection were discussed, and some researches we should do in the future were put forward.

**Key words:** greening technic with high-pressure injection; soil and water conservation; application; classification

喷射绿化技术是以水或气流为载体将一种或几种植物种子(草种、花种或树种)或植物体的一部分(芽、根、茎等可以发芽萌生的物质)或整株植物、生长素、胶粘剂、保水剂、土壤改良剂、色素等组分按一定比例通过专用设备喷洒在地表土,以生成生态植被的绿化技术<sup>[1]</sup>。作为一项快速恢复植被和美化环境的先进技术,于1989年从香港首次引入我国<sup>[2]</sup>。该技术曾在欧、美国家战后恢复生态环境中发挥巨大作用<sup>[1,3,4]</sup>。目前,日本、欧美等发达国家的喷射绿化技术已日臻成熟<sup>[5]</sup>,在我国已取得一些成绩,但主要引进和模仿<sup>[6]</sup>,尚未形成自己完整成套的技术。应用领域主要集中在高速公路、水电站等基础建设后期地被植物的恢复,但在荒漠化防治领域的应用和技术探讨还不多<sup>[1]</sup>,无论在技术上还是在应用领域都需不断摸索。本文对喷射绿化技术的分类、发展和应用领域进行了探讨,并提出了今后应加强研究的方向。

1 喷射绿化技术的分类

喷射绿化技术在不同环境条件下需要和不同的土木工程相结合,喷射的植物种类也不同,选取喷射混合料的配方各不同相同,因而该领域出现许多专业名词。笔者认为可以

从下列几方面对其进行分类。

1.1 根据喷射的植物成分(材料)分类

1.1.1 草坪喷射绿化技术

是将一种或多种草坪植物草籽、粘着剂、肥料及覆盖料等与水混合成浆液,通过草坪喷射机直接喷射到地质表面的一项草坪建植技术<sup>[7]</sup>。

1.1.2 地被喷射绿化技术

是将适应各立地条件的草本植物群落植物的种子或营养体、粘着剂、肥料及覆盖料等组分按一定比例通过专用设备喷洒在地表土,以生成地被的绿化技术。

1.1.3 木本、草本混喷绿化技术

是将适应各立地条件的草本植物、灌木或者乔木的种子或营养体、粘着剂、肥料及覆盖料等组份按一定比例通过专用设备喷洒在地表土,以生成乔灌木植被的绿化技术。

1.2 根据播种地有无植物分类

喷射绿化技术一般是在裸露地面上进行喷射植物的绿化技术,而草坪更新喷射绿化技术,是美国 Dr. Milt Engelke<sup>[8]</sup>最近研究的高压喷射在已有草坪上喷播的新技术,可以使草种穿过原有草坪并深入土壤中,但对原草坪的

\* 收稿日期: 2004-12-29  
基金项目: 西北农林科技大学重点基金  
作者简介: 吉文丽(1965-),女,在读博士,副教授,长期从事园林植物、草坪和植物生态教学科研工作。

生长没有影响,从而使草坪得以更新、恢复和演替。

1.3 根据喷播的植物部位不同分类

我国常见的植被喷射绿化技术都是用植物种子在不同立地条件下建立或恢复植被的绿化技术。目前日本成功地开发了“空气混入式动力喷附绿化施工技术”<sup>[9]</sup>即用地被植物营养繁殖苗喷射的绿化技术。该技术是通过研制喷附机械与培育地被植物的穴盘苗,解决了只能进行种子喷附而不能用幼苗喷附的问题,这是一种全新的适用于大面积景观绿地建设的施工技术。

1.4 根据按喷射方式(喷射混合料的干湿状态)对喷射护坡绿化技术进行分类<sup>[2]</sup>

1.4.1 液压喷播

是将草种、(纤维)、粘合剂、肥料、保水剂、染色剂和水等制成有一定黏稠度的悬浊液,通过专用喷播机械设备喷射到需要绿化的表面上。

1.4.2 干式喷播技术

是将干燥的喷射混合料,在压风的作用下,经过混凝土喷射机和喷射管道,在喷枪口处才与水相遇。这种方法的优点在于喷射距离大,缺点是效率较低,喷射层不均匀,粉尘污染大。

1.4.3 湿式喷播技术

是喷射混合料在喷射机料斗中加水搅拌成泥状经喷射管道喷射到需要绿化的表面。它可以是压风输送,也可以螺旋挤出,或压风加螺旋挤出。它的优点是喷射无粉尘污染,喷射层均匀,效率高。缺点是搅拌困难,输送距离有限,一般不大于30 m,且易堵塞管道。这大大限制了该技术的应用。

1.5 按喷射混合料的配方分类

按照喷射混合料的配方中的主要成分含量,可将国内现有所有技术归纳为5大类<sup>[2]</sup>见表1

表 1 按主要成分对喷射护坡绿化技术分类 %					
特征	有机质含量(不包括 有机粘剂)	粘结剂			其它主要组分
		水泥	沥青	其它	
沥青基材	< 20		> 5		土、肥料等
植被混凝土	< 20	> 5			土、肥料等
液压喷播				√	水、纤维、肥料
有机基材	> 20		√		土、肥料等
客土喷播	< 20		< 5		土、肥料等

2 喷射绿化技术研究

2.1 喷射混合料的研究

2.1.1 喷射混合料

喷射混合料一般有土壤、纤维覆盖物、有机质、黏结剂、肥料、(保水剂)、植物种子、黏稠剂、速凝剂及其他外加剂等组成。不同喷射绿化工程中,喷射混合料的具体成分不同。黑龙江省农业科学院土壤肥料研究所草坪室研究的草坪喷播专用黏合剂、木纤维等喷播系列产品完全可以代替进口的同类产品,已在黑龙江及部分南方省市的高速公路护坡上大面积使用,效果很好。喷射绿化专用黏合剂在黏接性上,乳液黏着剂优于进口粉剂,自产粉剂与进口粉剂基本上相同<sup>[10]</sup>。有些绿化用的生态纤维覆盖物,是用木材经过剥皮、削片、热磨、染色、干燥等工艺,用物理方法加工成絮状短纤维,这种纤维混水后成松散状、不结块,效果好。保水剂一般采用具有高效吸水性能的分子化合物的吸水剂,能自动分解的聚合物,对环境无污染。植物在没有形成根之前,保水剂的水分保

持能力,是该项技术能否成功的关键。一般根据气候不同而异,湿润的地方少放,干旱地方多放。目前,国产保水剂基本可以满足施工需要,达到预期绿化效果。

2.1.2 喷射混合料的配方

喷射混合料的配方是喷射绿化的关键技术,其配合比根据所需要绿化地的具体情况、所采用的工程方法及喷射机械性能不同而千差万别。配合比必须结合当地自然条件选择合适的原材料,并通过组合调配和现场试验选定,主要是选择调配土壤、肥料、添加剂。如:邹俊<sup>[11]</sup>在三峡船闸环境绿化中建议使用的混合配料配方,见表2。

表2 混合配料配方					
材料类别	品种	用量/(kg·m <sup>-3</sup> )	材料类别	品种	用量/(kg·m <sup>-3</sup> )
水泥	425号	80~100	肥料	腐殖质	50~60
土壤	黏土	100~200		无机肥	5~8
	砂土	400~500	外加剂	速凝剂	10~15
	纸浆纤维	5~15		保水剂	0.9~1.2
水	清水	40~60	草种	混合种	3~4

其中,肥料分有机肥和无机肥。有机肥可用酒糟、锯末、秸秆纤维、谷壳、生物肥等,无机肥可用尿素、三元复合肥等。曹翠萍<sup>[12]</sup>的喷射混合料(水泥土)施工配比分底层和面层,具体见表3。

表3 水泥土施工配比									kg/m <sup>3</sup>
配料	水泥	矿土	锯末	谷壳	饼肥	鸡肥	过磷酸钙	复合肥	草籽
底层	35	1330	4	25	14	12	0.5	0.5	0.2
面层	35	1330	10	25	14	12	0.5	0.5	0.6

2.2 喷射植物种类的选择及混播比例的确定

2.2.1 喷射植物种类的选择

植物种类的选择是工程绿化成败的关键,植物应具备根系发达、能自播自生、产生种子、耐贫瘠、耐干旱等特点,最好能选择可用根茎和种子繁殖的品种。针对不同立地选择不同的植物种类,如极干旱的风沙地应选择极抗旱、耐瘠薄的植物;普通干旱地段选择一般耐干旱耐粗放管理的植物;盐碱地选择抗盐碱的植物等。针对不同地区的特定气候、地质和水文条件,在施工前必须进行植物种类的筛选,通过调研和试验确定采用的植物种类。

2.2.2 喷射绿化的植物混播比例

我国喷射绿化已经从单一草本植物向混合草本组合到草本木本相结合发展。这就要求根据当地自然植物群落,确定喷射绿化的建群种、优势种及各植物比例。混合植被对气候变化、小地形环境变化、植物根系分布及病虫害的适应性都会优势互补<sup>[13,14]</sup>。乔、灌、花的种子或繁殖体与草籽混播,从而达到多层次立体绿化,长成后类似于自然生态群落的效果,并使之进入自然演替状态,从而形成稳定长久的植物群落。

2.3 喷射绿化的机械设备

喷播机有气力喷播机和液力喷播机两大类。气力喷播机主要用于播草茎或撒播种植后的覆盖,液力喷播机在我国应用范围广。随着喷射机械在国内应用的逐步扩大,已从仿制向自行开发并规范化批量生产方向迈进<sup>[3]</sup>,专机专用、一机多用、全功能产品的开发局面将逐渐形成,喷播种植机除用于喷植地被作物外还可用于洒水、打药、高地送水、自流灌溉、应急消防及减尘环保工程等场所,是一种机动性强,建植效率高的环保型专用机具。由于南北方地域和各引进部门应

用环境等差异,在机械设备国产及配套和技术等方面在诸多亟待解决的问题。

### 2.4 喷射绿化后的管理

由于喷射混合料中富含肥料, 保水剂, 除草剂等, 其建植后的植被管理工作需要比其它方式少, 一般浇水可在出苗后开始, 也可隔一天进行浇水。施肥、打药、除草等工作在播后一个月内基本不用进行且能够保持草苗的茁壮成长。等植被形成后, 管理强度减少, 但不是结束。后边的管理仍需重视, 否则前功尽弃。

## 3 喷射绿化技术的应用

该技术可应用的范围很广, 主要是在坡度较大、土质较差、人工难以施工的地方<sup>[1,15]</sup>, 如公路、铁路的路堑、绿堤、斜坡、高速公路隔离带; 森林道路、水库堤坝; 工厂、矿山、电站等工程施工地; 以及垃圾堆积场、采石场、矿渣山的绿化; 也可用于防沙、治沙地区农林、林带间隔等生态涵养地带; 高尔夫球场、机场建设等大型地表植被工程和绿化工程。我国主要在高速公路、水利水电工程建设应用多, 但在其它领域仍涉及较少。

### 3.1 喷射绿化技术在边坡绿化中的应用

#### 3.1.1 边坡绿化的理念变化

我国在绿色防护技术方面也开始借鉴和引进国外先进的技术和成功的经验, 逐步从传统的边坡防护观念向边坡绿色防护观念转变; 在播种方式上从人工播种技术到机械液压喷播技术发展演化<sup>[16]</sup>; 从过去的“单一种草理论”演变到目前的“灌木为主、草本为辅”理念; 从以前的完全意义上的“人工建植植被”演变到现在的“尊重自然, 恢复自然”<sup>[17]</sup>。最近, 广东渝湛高速公路正在进行边坡森林化方面的研究, 试图找到能把边坡快速恢复到原貌的方法。

#### 3.1.2 喷射绿化技术在边坡绿化中应用现状

随着环境意识的增强, 人们为解决水利、公路、铁路、矿山等建筑工程建设中造成的大量裸露土坡和岩石边坡的防护, 1990 年对惠州大坝采用水力喷播种草技术治理水土流失<sup>[18]</sup>, 1994 年将喷混植生绿化技术引入到三峡大坝绿化建设中<sup>[9]</sup>, 1996 年首次采用瑞士湿法喷播技术在云南省昆明一曲靖高速公路全线进行了全面防护和绿化获得成功。从那以后, 喷射绿化技术广泛应用在水库堤坝高速公路和铁路的边坡绿化上。特别是“国务院关于进一步推进全国绿色通道建设的通知”<sup>[20]</sup>的发出后, 要求绿色通道建设和公路、铁路、水利设施建设统筹规划并与工程建设同步设计、同步施工、同步验收。到 2005 年, 全国的高速公路(达 2.5 万 km)、现有铁路的 60%、国道、省道、河渠、堤坝(2.4 万 km)全面绿化, 形成带、网、片、点相结合, 层次多样、结构合理、功能完备的绿色长廊, 喷射绿化技术得到广泛应用并具有广阔的发展和应用前景。

#### 3.1.3 边坡绿化技术的发展

边坡绿化技术已经从单一的工程防护转向工程防护与生物防护并用, 采用生物防护方法作为防止雨水冲刷、抑制表土流失的措施, 不仅起到稳定边坡的作用, 而且降低造价, 美化环境, 真正形成绿色长廊。对于环境、自然、生态和人类可以说是较理想的防护方法。

喷射绿化技术和不同工程方法结合形成一系列的边坡

绿化方法, 如钢筋水泥框格法、植生卷铺盖法、客土植生带法、纤维绿化法、生态多孔混凝土绿化法和厚层基材喷射绿化法<sup>[6, 21]</sup>等。国外土质边坡、土石混合边坡的生态恢复技术已经趋于成熟, 岩石边坡植生基质生态防护工程技术的研究、探索经历了由难到易的发展过程, 虽然日本的岩石边坡生态防护技术很先进, 但并不能直接应用于国内。北京承诺环境生态工程科技有限公司与中国林业科学研究院、北京林业大学、清华大学合作于 1997 年开始研究适合于我国北方地区的岩石边坡生态防护工程技术——植生基质喷射技术<sup>[22]</sup>(简称 PM S 技术)。三峡大学获得喷植混凝土边坡绿化技术配料的专利<sup>[2]</sup>。

#### 3.1.4 边坡绿化的种植和生态景观设计原则

采用景观生态设计理念, 尊重自然、正视自然、顺应自然、保护自然, 在具体的设计中遵循以下原则(1)尽量保留原有植物, 减少对自然环境的影响;(2)种植设计尽量模拟自然风貌, 保持和周围环境相协调将它融入四周环境中;(3)边坡的种植设计应符合一般的美学原则, 如统一与连贯, 比例与规模, 花式与质感, 节奏与多变, 等等(4)种植设计要符合生态学, 并注重生态环境的地方性。

### 3.2 喷射绿化技术在飞机场、运动场中的应用

喷射绿化技术效率高、形成植被快、生长均匀、植被质量高、生态效益高、审美效果好, 特别适宜大面积的运动场、飞机场植草绿化, 是一种集多种功能与优势于一体的理想的绿化方法。近 5 年来, 我国已建或在建的高尔夫球场有 200 多个, 2 000 多个高标准足球场、网球场等, 6 个飞机场的扩建, 在这些工程中有些应用了喷射绿化技术建造植被和草坪, 收到了良好的生态、社会、经济效益。

### 3.3 喷射绿化技术在荒漠、风沙干旱地区的应用

我国尚有大面积的风沙干旱地区、退化草地及草地开荒后需要退耕还草的地段, 急需通过植草治理。喷射绿化技术费用低、需人工少, 大规模植被需要采用高效的喷播植草先进技术, 才能很快再造山川秀美的大西北, 才能加快西部生态工程建设的步伐。

长期以来一直受到化学固沙技术的影响, 而无法使用机械化绿化固沙。最近美国 HAMILTON 制造公司和中科院寒旱所通过合作研究, 并在野外进行了抗风蚀试验, 终于取得了突破性进展<sup>[23]</sup>。使喷射绿化技术在荒漠、风沙干旱地区的应用推广提供了技术保障。液体喷播固沙技术是适合于干旱、半干旱地区受损生态环境恢复中的一项绿化技术。主要由城市垃圾、石膏和高技术的保水剂、生长剂及黏合剂组成。它是化学固沙技术的延伸, 和植物种子伴同使用, 解决了立即固沙与快速绿化之间的生态矛盾。喷射绿化固沙技术首次用在榆靖高速公路——我国在沙漠地区开工建设的第一条高速公路的绿化、固沙工程。该技术的应用将对我国道路建设和沙区生态环境建设产生很大影响。

## 4 喷射绿化技术应开展的研究工作

### 4.1 应加强喷射混合料的配置研究

国内喷射混合料的研究起步较晚, 没有做过系统研究, 目前仍以进口为主, 但其价格昂贵, 流通复杂, 难以推广, 如 OH 液植草护坡技术<sup>[23, 24]</sup>是国外近十多年新开发的一项边

内住房、设施有计划的搬迁到安全区内; ④对于极危险区内的住房和重要设施要建立安全监测预报体系, 落实专人负责, 制定抢险应急预案。

参考文献:

[ 1 ] 乔建平. 滑坡减灾理论与实践[ M ]. 北京: 科学出版社, 1997. 28~ 41.  
[ 2 ] 谢洪, 王成华, 林立相. 标水岩沟滑坡型泥石流灾害及特征[ J ]. 中国地质灾害与防治学报, 2000, 11( 3 ): 20~ 22.  
[ 3 ] 徐永年, 等. 崩塌土液化机理的实验研究[ J ]. 水利学报, 2002, ( 10 ): 87~ 90.

( 上接第 152 页)

坡化学植草防护措施。它是通过专用的机械将新型化工产品 HYCEL—OH 液与水按一定比例稀释后同草籽一起喷洒于坡面, 使之在极短时间内硬化, 而将边坡表土固结成弹性固体薄膜, 达到植草初期边坡防护目的, 3~ 6 个月其后弹性固体薄膜开始逐渐分解, 此时草种已发芽、生长成熟, 根深叶茂的植物已能独立起到边坡防护、绿化双重效果, 具有施工简单、迅速, 不需后期养护, 边坡防护绿化效果好等特点。这项技术引入试验效果很好, 但由于该技术所用的 HYCEL—OH 液尚需进口, 其工程造价较高, 故目前还无法推广应用。

我们应加强研究的有以下几方面: 一是研究各喷射混合料的配置的比例; 二是研制不同需要的黏结剂; 三是喷射混合料的营养与水分的长效供应, 这是喷射混合料配置研究的重点; 四是在混合料配置研究中应该尽量考虑当地资源和当地废弃物的充分利用, 最后经工厂特种处理, 投入产业化生产。

#### 4.2 研究各工程当地植物群落的结构和配置, 确定喷植植物种类和配比

喷植绿化技术的种类已有当初的一种发展到现在的几

参考文献:

[ 1 ] 赵平. 喷播绿化与喷播机械的技术概况[ J ]. 林业机械与木工设备, 1999, 27( 11 ): 4~ 6.  
[ 2 ] 叶建军, 周明涛, 许文年. 谈喷射护坡绿化技术[ J ]. 水土保持研究, 2004, 11( 2 ): 194~ 197.  
[ 3 ] 徐元德. 草坪喷播种植技术及其设备[ J ]. 建筑机械化, 2003, ( 3 ): 27~ 29.  
[ 4 ] 温宇光. 喷播植草生态治理技术[ J ]. 吉林林业科技, 2000, 29( 3 ): 52~ 56.  
[ 5 ] 舒翔, 曹映泓, 廖晓瑾, 等. 岩石边坡喷混植生设计与施工[ J ]. 中外公路, 2001, 21( 4 ): 45~ 48.  
[ 6 ] 许文年, 王铁桥, 李建林, 等. 清江隔河岩电厂高陡混凝土边坡绿化技术研究[ J ]. 水利水电技术, 2003, 34( 6 ): 43~ 46.  
[ 7 ] 孙本信, 尹公, 张锦. 草坪植物种植技术[ M ]. 北京: 中国林业出版社, 2001. 56~ 63.  
[ 8 ] Anonymous. Sowing turfgrass seed with high-pressure injection[ J ]. Grounds Maintenance, 2000, 35( 1 ): 1.  
[ 9 ] 福昭著, 李树华译. 地被植物营养繁殖苗机械喷射附着绿化技术[ J ]. 中国园林, 2002, 6: 50~ 53.  
[ 10 ] 于凤芝, 赵煜. 草坪喷播专用黏着剂及其配料的研究[ J ]. 草业科学, 2001, 18( 2 ): 67~ 70.  
[ 11 ] 邹俊. 喷植混凝土技术在三峡船闸环境绿化中的应用[ J ]. 人民长江, 2003, 34( 9 ): 15~ 16.  
[ 12 ] 曹翠萍. 喷植水泥土边坡防护技术在铁路路基边坡施工中的应用[ J ]. 科技情报开发与经济, 2003, 13( 1 ): 205~ 206.  
[ 13 ] 杨香泉. 贵阳地区实施喷播绿化的草种选择[ J ]. 种子, 2004, 23( 6 ): 64~ 65.  
[ 14 ] 陈向阳. 石质边坡绿化在漳龙高速公路上的应用[ J ]. 公路交通技术, 2003, ( 2 ): 76~ 78.  
[ 15 ] 文/郎咸白, 江胜德, 田地. 喷播——高效的植草方式( 二)[ J ]. 中国林业, 1999, ( 6 ): 24.  
[ 16 ] 谭远发. 铁路路基边坡绿色防护技术的发展和运用[ J ]. 铁道工程学报, 2001, 69( 1 ): 35~ 40.  
[ 17 ] 黄小军, 陈兵. 高速公路生态恢复若干问题探讨[ EB/OL ]. <http://www.jttx.net.cn/cgi-bin/zwolf1/show.cgi>, 2004-03-12.  
[ 18 ] 邹战强. 利用喷灌技术进行水利喷播草种护坡绿化[ EB/OL ]. <http://www.hwcc.com.cn>, 2004-11-26.  
[ 19 ] 周颖, 曹映泓, 廖晓瑾, 等. 喷混植生技术在高速公路岩石边坡防护和绿化中的应用[ J ]. 岩石力学, 2001, 22( 3 ): 353~ 356.  
[ 20 ] 公路绿化综述[ EB/OL ]. 河南交通科技信息, [http://www.jtstar.com/ArticleShow\\_zcfg.asp?ArticleID=197](http://www.jtstar.com/ArticleShow_zcfg.asp?ArticleID=197), 2003, ( 2 ).  
[ 21 ] 刘本同, 钱华, 何志华, 等. 我国岩石边坡植被修复技术现状和展望[ J ]. 浙江林业科技, 2004, 24( 3 ): 47~ 54.  
[ 22 ] 申新山. 岩石边坡植生基质生态防护工程技术的研发与应用[ J ]. 中国水土保持, 2003, ( 10 ): 26~ 28.  
[ 23 ] 寒区旱区环境与工程所. 液体喷播固沙技术走上高速公路[ EB/OL ]. <http://www.cas.ac.cn/html>, 2002-04-24.