

吸沙成孔沙漠植树机的设计开发研究

杨永健 / 北方交通大学附属中学
指导教师 祖浩东 庞昌乐 张超

◎ 简介

在沙漠里种树，树苗必须深埋才能成活。挖树坑时，由于沙粒流动性强，容易下滑填平沙坑，因此很难形成一定深度和宽度的树坑。此项研究的目的是设计一种适合在沙漠里植树的植树机。开发沙漠植树机要解决结构简单、快速深栽、防止沙粒下滑、节约水源、不破坏沙层结构等问题。通过独立思考、查阅资料、导师指导、系统设计、制作安装、修改完善、整机提升等研究过程，我研制成功了以汽油机作为动力源的背负式吸沙成孔植树机。产品实现了设计要求，适合种植沙柳、梭梭等抗旱植物。

◎ 设计思路

本研究设计思路是基于小时候在沙滩上玩沙子的经历。玩沙子时，如果将一个空心圆筒放在坑口并不停地挖走圆筒内的沙粒，则沙粒下滑过程中圆筒会也随着下陷，圆筒周围的沙粒会被挡在筒外，圆筒内就会自然形成一个深坑。如果把此方法用于植树，将树苗放入坑内后拔出圆筒，圆筒外的沙粒会自动下陷埋实苗根从而固定树苗。圆筒内的沙粒可以利用吸尘器从圆筒内吸出，在工程上这种方法叫作气力输送，就是利用高速气流在管道中运送物料。只要气流速度大于进入管道中物料的悬浮速度，物料即可在气流的吸力作用下被带走。

基于以上输沙原理，本研究采用分体式吸沙成孔器实现在沙漠上吸沙形成植树孔。沙漠植树机主要由分体式吸沙成孔器、气沙分离器、气流动力装置及连接管件4大部分组成（图1）。其成孔植树工作原理是：吸沙管宽松地套在成孔管里，当成孔管下端口接触沙面时，吸沙管将成孔管内沙子吸走，管口周边沙子在下滑过程中形成锥形沙坑，成孔管随沙子下滑而下陷，随着管内沙子继续被吸走，成孔管下陷越来越深，当成孔管下陷到植树深度时停止吸沙，取出吸沙管，将树苗放入成孔管内，然后拔出成孔管而树苗留在坑中，下滑沙子自动将树苗根部埋住，完成植树过程。

◎ 系统装置的设计

➤ 吸沙成孔系统的设计

分体式吸沙成孔器是由2个同轴不同直径的内外圆管（分别称为吸沙管和成孔管）组成，主要作用是吸沙和成孔。

吸沙管内径由吸气源的吸气量和输送沙粒的气流速度决定。本研究中吸气源采用工业吸尘器，其技术参数是：吸气量 $200\text{ m}^3/\text{h}$ ，吸口管内径是 32 mm 。为连接方便，取吸沙管内径 $d=32\text{ mm}$ 。

成孔管内径由吸沙管外径、吸气量和树苗大小决定。首先，吸沙管、成孔管之间的环形截面积应小于吸沙管截面积，以保证吸沙管吸气量；其次，要满

足树苗梢部容易通过成孔管，在本研究中，取成孔管内径 $D=90\text{ mm}$ 。

植树机装配完成后，吸沙管可以轻松嵌套进成孔管里并定位，吸沙后取出也很方便。吸沙管下端口和成孔管下端口之间的距离可调，以适应吸走不同粒径的沙粒。

为了满足种植不同规格树苗要求，吸沙管和成孔管长度分别设计为 80 cm 和 70 cm 。

➤ 气沙分离系统的设计

具有一定速度的沙粒切削能力极强，它们如果进入吸尘器，将会堵塞吸尘器的布袋，并且影响除尘的性能与寿命。因而需要设计一个气沙分离系统（或称沉沙器、卸沙器），以达到排沙功能，保护气流动力源。

沉沙器的设计要实现分离效果高、成本低、结构简单、便于加工、维护方便、经久耐用的目的。本研究采用了重力变容积式的沉沙器，含沙气流从沉沙器入口进入沉沙器箱体后从出口出来。

为了提高除沙效果，用隔板将沉沙器分隔为粗滤室和细滤室，使水平运动的气流作上升—折弯—下降运动，增加气流运动阻力，增加沙子沉降几率，粒径较大的沙子沉降在粗滤室，粒径较小的沙子沉降在细滤室。为了能够把下沉到底部的沙子排出，需要在沉沙器的底部设计成“V”形，并且在底部设有排沙阀口（图2）。

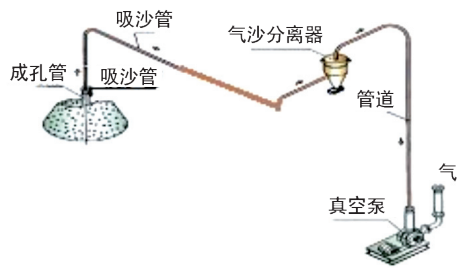


图1 沙漠植树机装置原理示意

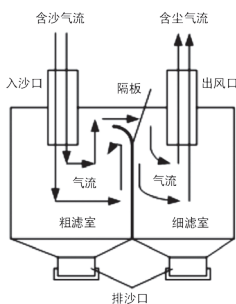


图2 沉沙器结构



图3 背负式吸沙成孔沙漠植树机成品

完成总体方案的设计后，再分别设计出吸沙成孔器和沉沙器，然后在机械加工车间加工出各个零件，最后把第一套吸沙成孔植树机安装完成并开展实验。

② 优化改进设计

◆ 成孔装置的改进

我们第1次实验只形成了1个深18cm的植树孔，吸沙管就堵塞了。经过反复实验和分析，找出了吸沙管与成孔管底端之间的相对距离过小、实验用沙土含水率过高和成孔管管口不容易搅动接触沙面等3个导致故障的原因。我们试着将成孔管底端加工成锯齿状，并适当调整了吸沙管和成孔管底部端口的相对位置。再做实验时，我惊奇地发现，无论做多少次实验，堵塞现象都不再出现了。

◆ 最佳吸沙距离的确定

最佳吸沙距离主要取决于吸沙管低端与成孔管底端之间的相对距离。吸沙管和成孔管之间的相对距离如果太大，吸口吸不上沙粒，太低或内管过长，都会引起沙粒的堵塞。经反复实验，本研究选择最佳相对距离为18~20mm。吸沙管和成孔管之间的相对距离通过调节定位调节块在吸沙管上的相对位置实现。

◆ 沉沙器改进

原设计的沉沙器对粒径较大的沙粒去除效果是很好的，但粒径较小的细沙

和粉尘会随着气流被吸进吸尘器的布袋里，去除效果并不理想。因此，考虑在细滤室里进行二次除尘——设计一个旋风分离器。根据这一思路，重新制作了沉沙器，把旋风分离器串联在粗滤器后面，粗滤器沉降粗砂，旋风分离器沉降细沙和粉尘。经过实验观察可以看到，加装旋风分离器后，分离器排灰口积了许多粒径10 μ m左右的沙灰，而细滤室底部只有很少沙尘，说明旋风分离器已能将细沙和粉尘去除，同时观察吸尘器的布袋里再也没有细沙。

◆ 背负式气流动力装置改进

原设计整个装置虽然可以单人操作，但需要配备行走设备，放置发电机组，从而增加了沙漠地区植树的难度。受到背负式割草机的启发，我又将行走式气流动力装置改为背负式气流动力装置，将外接动力源改为背负式汽油机，同时将分体式吸沙成孔器、气沙分离器以及连接管件设计成适于背负的装置，最终制作成第三代背负式吸沙成孔沙漠植树机（图3）。

◎ 结论与创新点

◆ 吸沙成孔沙漠植树机可以形成深度80cm以上的深孔，形成一个深植树孔所需时间少于15秒钟，实现了快速深栽的目的，同时成孔管有效地防止了沙粒下滑，而且操作过程不破坏沙层结构，有效地解决了沙漠中挖深坑难、

挖坑面积大破坏沙漠植被的难题。

◆ 采用分体式吸沙成孔装置（成孔管、吸沙管），研究提出了吸沙管底端与成孔管底端的最佳相对距离，成孔管底部改进为锯齿状，有效防止了吸沙管的堵塞，提高了吸沙效率。

◆ 气沙分离器采用二次分离的结构，细滤室采用旋风分离方式，实现了粗沙、细沙、沙尘与空气的高效分离，保障了动力源长时间稳定可靠地工作。

◆ 背负式沙漠植树机适合单人野外操作，适合在沙漠和草方格沙地种植植物，减轻了劳动强度，提高了植树效率。

◆ 吸沙成孔沙漠植树机结构简单、易于维修，适合种植沙柳、梭梭等抗旱植物，有很好的应用前景。

该项目获得第29届全国青少年科技创新大赛创新成果竞赛项目中学组工程学一等奖。

专家评语

项目创新性地利用负压吸沙气力输送方式的吸沙成孔方法有效解决了沙漠中挖深坑的难题，可以提高工作效率。建议进一步降低沙尘对装置工作的影响。■