

沙地铺设轮性能试验研究

孙 丽, 刘永臣

(淮阴工学院, 江苏 淮安 223001)

摘 要:对模拟沙地铺设轮的实际工作环境,自行设计试验方案,科学确定试验目的、方法与内容,进行分类试验,并采用数值分析法对结果进行分析处理,获得纵向铺设机构工作所需的力参数的有效范围,解决纵向草铺设过程中的折断问题。

关键词:铺设轮;力参数;草折断率

中图分类号:TP242.3

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0263-03

The Test Research on the Paving Wheel in Sand

SUN Li, LIU Yong-chen

(Huaiyin Institute of Technology, Huai'an, Jiangsu 223001, China)

Abstract: By simulating actual work condition of the paving wheel in sand, designs individually the test project, and confirms scientifically the aim, methods and content of test, and finishes the test in sort. Then analyzes the test results by the method of numerical analysis, and achieves the effectual range of power parameter, and solves the problem broken straw off when the paving wheel works.

Key words: the paving wheel; power parameter; the rate of broken straw off

沙地铺设轮是防风固沙草方格铺设机器人(国家863计划项目)纵向铺设机构的重要执行工作机件,其工作性能将直接影响纵向机构所需牵引力、控制力以及纵向草的铺设质量,即纵向草的折断率。根据沙地铺设轮理论设计与分析结果,试制了其样品总成。而对于其在实际工作环境中的性能状况,在没有进行整机装配前,则需要试验予以验证^[1]。

1 试验准备

(1)试验目的。通过试验,确定纵向铺设机构工作过程中所需的牵引力的有效范围以及纵向铺设轮垂直载荷(用来计算纵向铺设机构控制部分所需的控制力)的有效范围;分析工作过程中纵向草的折断率,从而在实际工作中为解决纵向草折断率控制问题提供可靠依据;找出纵向铺设轮各力参数及草折断率随不同沙土湿度而变化的规律,为该机构在沙漠地区更广泛的应用提供充分依据。

(2)试验条件。试验主要模拟草方格铺设机器人的实际工作环境,即沙地铺设轮的沙质工作条件。试验用沙初始湿度(RWC)为4%。待铺设的沙障是用单根稻草编织而成的草帘(所选稻草均为自然风干,直径约为3 mm且均匀),草帘长5 m、宽0.80~0.90 m,草帘未经加湿处理,其湿度(RWC)为3.5%。

主要仪器设备,沙地铺设轮(轮宽等于0.01 m)、自制沙槽(长×宽×高为:5 m×0.9 m×0.4 m,其上有滑道)、承载

滑车、测力装置、拉压力传感器两个(型号为:BLR-1型,量程分别为2 kN和5 kN;灵敏度为1%)、HY3138静态电阻应变测试计、三相异步电动机(功率2.8 kW;额定转速为1 440 r/min)及其减速装置以及湿度计(型号为:TDR-100;精度为1%)、温度计等。

(3)试验方法。试验采用阶段分类测量法。即首先按铺设轮工作深度要求将试验分成两阶段:即第一阶段为设置铺设轮压入深度为 $Z_0=0.15$ m时的测量;第二阶段为设置铺设轮压入深度为 $Z_0=0.2$ m时的测量;然后分别在每一阶段中,将其分成两大类:第一类,为铺设轮直接切入不同湿度沙子的滚压试验;第二类,为在相应沙土湿度条件下,铺设轮铺设草过程的滚压试验。每种条件下的试验重复进行25次,两类试验必须按沙土湿度增加顺序交替进行,以保证试验结果更准确可靠,同时减少试验次数,具体试验过程按照试验步骤进行。

2 试验过程

(1)试验内容。试验包括以下两个方面:在不同湿度沙质条件下,进行铺设轮的规定边界压入深度的滚压测力试验;在各种不同沙质条件的基础上,选择准备好的草帘(称重法测出湿度为3.5%),进行铺设轮在规定的边界压入深度的压草、测力试验,最终完成在各种不同湿度的沙质条件下、有草和无草情况下的对比试验。

收稿日期:2006-08-25

基金项目:国家“863”计划项目“防风固沙草方格铺设机器人研究”(2002 AA422170)

作者简介:孙丽(1979-),女,吉林通化人,讲师,硕士。

通讯作者:刘永臣(1974-),男,吉林榆树人,讲师,硕士。

(2) 试验步骤

①设计、论证并最终确定试验方案,准备好试验设备,接好拉压力传感器与应变仪、将测力装置、驱动装置以及铺设轮安装承载滑车上,置于沙槽滑道中,并对滑车加载。

②沙槽中盛装好试验样沙,测量样沙湿度(RWC)值为 4%,选用轮宽 $b=0.01\text{ m}$ 的铺设轮盘,设置压入深度为 0.150 m ,接通电动机控制开关,滑车以 0.611 m/s 速度沿滑道匀速行驶 3 m ,在行至 $2\sim 4\text{ m}$ 过程中,观察应变仪读数的变化,并读取各通道稳态时的最大值和最小值,在滑车行至 4.5 m 处断开电机控制开关,重复测量 25 次。

③在步骤②的基础上,铺入草帘,在记录好应变仪读数后,记录在 $2.5\sim 3.5\text{ m}$ 行程内连续 300 根草中的折断数量,计算草的折断率,重复测量 25 次。

④在沙槽中增加样沙沙层厚度至铺设轮压入 0.2 m ,重复进行步骤②、③。

⑤调整压入深度至 0.15 m ,并用喷壶均匀洒水,使沙土湿度增加至 9%,重复步骤②、③。

⑥压入深度为 0.15 m ,依次使沙土湿度增加至 15%, 20%, 25%, 30%, 并依次重复步骤②、③。

⑦清理试验场地,整理好试验设备。

(3) 试验注意事项开始试验前,应将应变仪预热 $20\sim 30\text{ min}$;每次试验前,应注意检查、平衡应变仪的读数即应变仪每次测量前应回零;每组试验过程中,应在一定的时间间隔内(每 4 次试验),检测沙土湿度值并保证其恒定;每完成一次测试后,应重新铺平沙子表面,承载滑车应均匀加载,以免前后倾翻;每次试验应确保铺设轮不打滑(即保证铺设轮的纯滚动状态)。

3 结果与分析

3.1 数据处理

(1) 处理方法。由于试验过程中各个数据点均为不确定点,为了避免测点随机性的影响,试验过程中进行了多组测量,即通过选择大样本来减小试验误差,同时为了获得更为科学、合理的分析曲线与分析结果,在试验结果处理方面,对各测量参数主要采用曲线拟合和插值方法,即按照最小误差平方和准则、采用最小二乘法进行拟合,插值主要采用线性插值(一维),文中没有进行具体的数值计算理论推导,而是直接应用 Matlab 的数值计算功能和绘图功能予以解决。

(2) 处理内容。

①原始试验数据处理。对于力参数数据处理,试验记录了牵引力和载荷的每次测量的最大值和最小值,并作平均,以减小每次测量误差;然后将这些计算平均值在每组试验中再取平均值,作为试验的最后结果。对于草折断率的计算,试验中,先记录同一行程段内的相同草帘区间的草折断数,然后计数出连续 300 根稻草中的草折断数量,据此计算出草的折断率,并取各次测量计算值的平均值作为最终结果。计算值见表 1($RWC=4\%$ 时)和表 2($Z_0=0.15\text{ m}$, 不同的 RWC 值)所示。

②拉(压)力传感器及应变仪标定数据处理。试验中所用拉(压)力传感器均为 BLR-1 型,其量程分别为 200 kg 和 500 kg ,并分别与应变仪的通道 1 和通道 2 相连,试验前

必须对其进行标定,以便把读取应变值转换为力参数值。通过应用 Matlab 软件编写的 M 文件对传感器的标定值进行线性插值、拟合,并对其进行线性回归得到相应的线性回归方程,见式 1 和式 2。

表 1 铺设轮不同工作深度试验数据表($RWC=4\%$)

测量参数	滚压样沙过程		铺草过程	
	0.15 m	0.2 m	0.15 m	0.2 m
牵引力 P	431.18	798.26	762.94	1449.12
载荷 W	146.06	291.68	243.66	498.84
草折断数	—	—	1.88	4.04

注:表中力参数值为应变值。

表 2 铺设轮不同样沙湿度的试验数据表($Z_0=0.15\text{ m}$)

样沙湿度 (RWC)/%	滚压样沙过程		铺草过程	
	通道 1	通道 2	通道 1	通道 2 草折断数量
4	146.06	431.18	243.66	762.94 1.88
9	228.48	606.3	432.38	1199.48 8.72
15	324.84	743.44	588.9	1411.48 9.48
20	401.64	862.1	628.54	1504.76 10.2
25	415.98	902.8	741.3	1732.22 11.04
30	346.96	780.86	701.54	1608.18 8.52

$y = 1.1196x - 60.2971$ (1)

$y = 0.4268x - 105.5934$ (2)

式中: x ——力参数(式 1 中代表水平拉力 F ;式 2 中代表垂直载荷 W); y ——应变值(即应变仪读数 ϵ)。

③不同压入深度时,铺设轮各测量参数值处理。将试验最终结果(见表 1)分别带入回归方程中即式 1、式 2 中,解得 x 值,见表 3 所示,即为特定沙土湿度($RWC=4\%$)时,铺设轮在不同深度沙土中的参数测量值。

表 3 铺设轮不同工作深度试验结果($RWC=4\%$)

测量参数	滚压样沙过程		铺草过程	
	0.15 m	0.2 m	0.15 m	0.2 m
牵引力/N	438.97	766.84	735.29	1348.17
载荷/N	589.63	930.82	818.31	1416.20
草折断数	—	—	0.63	1.35

④不同沙土湿度时,铺设轮各测量参数值处理($Z_0=0.15\text{ m}$)。将表 2 中各值分别带入回归方程,即式 1、式 2 中,解得 x 值,见表 4,此即为恒定沙土深度中($Z_0=0.15\text{ m}$),铺设轮在不同沙土湿度时各参数测量结果。

表 4 铺设轮不同样沙湿度时试验结果($Z_0=0.15\text{ m}$)

N					
样沙湿度/%	滚压样沙过程		铺草过程		草折 断率/%
	垂直载荷	牵引力	垂直载荷	牵引力	
4	598.63	438.97	818.31	735.29	0.63
9	782.74	595.38	1260.48	1125.20	2.91
15	1008.51	717.87	1627.21	1314.55	3.16
20	1188.46	823.86	1720.09	1397.87	3.40
25	1222.06	860.21	1984.29	1601.03	3.68
30	1060.34	751.30	1891.13	1490.24	2.84

3.2 试验结果对比分析

(1) 铺设轮在实际铺草过程中,在一定压入深度下,随着

沙土湿度不同而变化的折断率会有所不同(见图 1 所示),一般来讲,纵向草的折断率随着沙土湿度增加而略有增加,当沙土湿度达到一定值时,折断率会降低。试验中,在沙漠湿度条件下,铺设轮以规定工作深度($Z_0=0.15\text{ m}$)下边界、上边界压入时,纵向草折断率分别为 0.63%,1.35%,其值均很低,并未影响铺设质量(从实际铺设效果看),所以在实际

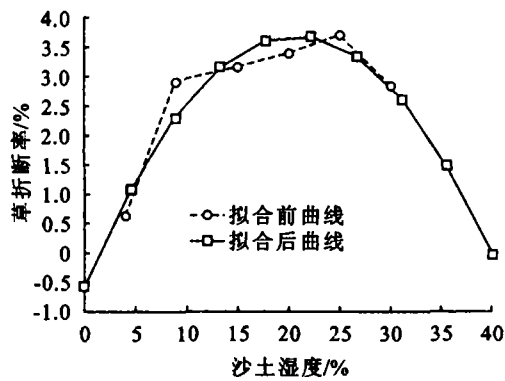


图 1 草折断率随沙土湿度的变化

(2)铺设轮在一定的工作深度条件下,所测量的铺设轮各动力参数随着沙土湿度不同而遵循一定的规律,本文通过对有效的试验数据进行分析处理,得到了如图 2 所示的变化曲线,从图中可以看出,沙土湿度区间在 0~4%内(沙漠地区通常的沙土湿度),铺设轮所需的水平牵引力和垂直压入载荷均很小,从而为纵向铺设轮的动力匹配提供了直接的实验参考。

4 结 论

(1)通过试验,本文在确定各动力参数值时进行了必要的取整,即单组铺设轮所需牵引力应为 740~1 350 N(铺设轮工作深度范围内的最小值范围),垂直方向所需载荷为 830~1 450 N(包括轮系自重的最小值范围)。而在实际应用中,必须充分考虑铺设过程中可能存在的冲击、振动等因素以及沙土其他特性变化所引起的各动力参数值增加,需要

应用中,只需用自然湿度下的草(湿度为 3.5%左右)能满足铺设质量要求,这样基本避免了由于过大增加草湿度引起的车辆载质量(负重)增加问题;而且,沙漠中实际的沙土湿度大多处于低值区间($0\leq RWC\leq 4$),使草折断数量完全得以有效控制。

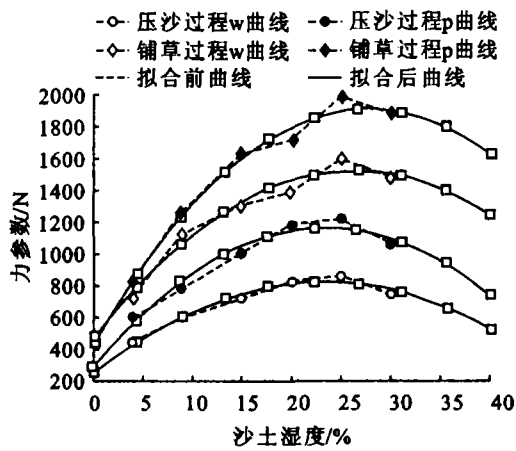


图 2 力参数随沙土湿度变化

在动力匹配时乘以一定的安全系数,以确保铺设轮实际工作安全与铺设质量。

(2)通过试验证实,对于自然湿度草(湿度值为 3.5%)基本不发生折断,而且通过试验得出,在压入越深,草的折断率越大,故在能保证铺设质量的前提下,尽量减小压入深度,试验证明,在压入深度为 0.15 m 时,其折断率很低,完全符合铺设质量要求。而在计数草折断数量过程中发现,有的草折断位置发生在草桔梗处,有的折断草质较差,可见草折断率与草质量有一定关系,所以在实际铺设过程中也可把提高草帘质量作为改善纵向草铺设质量的一项措施。

参考文献:

[1] 刘永臣,曹晓光,刘晋浩.草方格铺设机器人铺设轮设计与试验研究初探[J].林业机械与木工设备,2005,(4):14-16.